Über die

Histologischen Vorgänge beim Veredeln

insbesondere bei Kopulationen und Geissfusspfropfungen.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

KGL. BAYER. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

VORGELEGT

AM 28. FEBRUAR 1907

VON

FRITZ SCHMITTHENNER

AUS

BERGZABERN (PFALZ).

GEISENHEIM A. RH.

BUCHDRUCKEREI LOUIS JANDER.

1907.

Über die

Histologischen Vorgänge beim Veredeln

insbesondere bei Kopulationen und Geissfusspfropfungen.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

KGL. BAYER. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

VORGELEGT

AM 28. FEBRUAR 1907

VON

FRITZ SCHMITTHENNER

AUS

BERGZABERN (PFALZ).

GEISENHEIM A. RH.

BUCHDRUCKEREI LOUIS JANDER.

1907.

Gedruckt mit Genehmigung der
philosophischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Professor Dr. G. KRAUS.

Meinem lieben Vater
in Dankbarkeit gewidmet.

Der Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549805_0117

Einleitung.

Obschon die Kunst des Veredelns sehr alt ist, — der Sage nach stammt sie von den alten Phöniziern und historisch festgelegt ist, daß die alten Römer sich derselben schon vielfach bedienten —, und obschon das 19. Jahrhundert einen mächtigen Aufschwung in der Verwendung der Veredelung bei der Obstbaumzucht gebracht hat, ist man doch erst in neuester Zeit auf den Gedanken gekommen, die inneren Verwachsungsvorgänge, welche sich bei der Vereinigung von Reis und Unterlage vollziehen, näher ins Auge zu fassen, und zwar war es Göppert[1]), der im Jahre 1874 durch eine diesbezügliche Arbeit den Anstoß zu weiteren Untersuchungen in dieser Richtung gab. Daraufhin sind dann in den folgenden Jahren die Verwachsungserscheinungen verschiedentlich das Thema zu mehr oder weniger eingehenden Studien gewesen[2]), eine Durchsicht der vorhandenen Literatur zeigt jedoch deutlich, wie große Lücken noch vorhanden sind.

Vor allem fehlte bis jetzt eine genaue Klarlegung der anatomischen Verhältnisse an der Veredelungsstelle nach erfolgter Verwachsung, und daß gerade in dieser Beziehung noch manches Interessante zu Tage gefördert werden kann, wird das Folgende zeigen. Sodann aber ließ die Kenntnis der Verwachsungsvorgänge selbst, welche bei den verschiedenen zur Zeit gebräuchlichen Veredelungsmethoden verschiedene Modifikationen zeigen, noch manches zu wünschen übrig. Am allerwenigsten ist jedoch bis heute ein

[1]) Göppert, Über innere Verwachsungsvorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher. Kassel 1874.

[2]) Eine Aufzählung der einschlägigen Arbeiten möchte ich hier nicht einfügen, sondern ich werde derselben im Verlaufe meiner Ausführungen jeweils an passender Stelle Erwähnung tun.

äußerst wichtiger Punkt berücksichtigt worden, nämlich die Leitung und Verteilung der Stoffe an der Verwachsungsstelle resp. im Reis und in der Unterlage, und doch ist es gerade dieser Punkt, welcher geeignet erscheint, über das spätere Verhalten mancher Veredelungen Aufschluß geben zu können, denn es kann mit größter Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß das frühe Eingehen mancher Veredelungen nach scheinbar gut gelungener Verwachsung, sowie das Abstoßen des Edelreises durch die Unterlage nach einer gewissen Zeit, lediglich auf die Ernährungsverhältnisse zurückzuführen ist.

Aus diesen Gründen erschien es mir als eine dankbare und interessante Aufgabe, die histologischen Vorgänge beim Veredeln zum Gegenstande eingehender Untersuchungen zu machen und es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Kraus, für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Unterstützung bei der Ausführung derselben auch an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.

Methode der Untersuchungen.

Ein großer Fehler bei vielen der bisher angestellten Untersuchungen scheint es mir zu sein, daß die Veredelungen, mit welchen gearbeitet wurde, eigens zu diesem Zwecke hergestellt wurden und natürlich auch eine dementsprechende, ausgesuchte Ausführung und Pflege erfuhren. Es sind auf diese Art den Veredelungen die für den Verwachsungsprozeß günstigsten Bedingungen geschaffen worden, ein Umstand, der natürlich zu ganz anderen Verwachsungserfolgen führen mußte, als wie sie in der Praxis wirklich zustande kommen. Ich stellte deshalb meine Untersuchungen ausschließlich an Veredelungen an, welche für die Praxis gemacht und nach der üblichen Art ohne Rücksicht auf meine Zwecke erzogen worden waren, denn nur auf diese Art konnte ich einen Einblick in die der Wirklichkeit entsprechenden Verhältnisse bekommen. Natürlich mußte ich in diesem Falle darauf bedacht sein, Veredelungen zu erhalten, welche sorgfältig und gewissenhaft nach allen Regeln der Kunst hergestellt waren, und in dieser Beziehung hatte ich in dem von der bekannten Firma B. Müllerklein, Baumschulen in Karlstadt a. M. gütigst überlassenen Material die vollste Garantie. Ich möchte daher nicht versäumen, den Herren Gebr. Müllerklein

auch an dieser Stelle meinen besten Dank für das jederzeit in uneigennütziger Weise gezeigte Entgegenkommen auszusprechen.

Die Verwendung solcher, ohne Rücksicht auf meine Zwecke angefertigter Veredelungen brachte natürlich, wie vorauszusehen war, mancherlei technische Schwierigkeiten bei der Bearbeitung des Materials mit sich, denn ich war meist auf stark holzige Objekte, welche mir dazu auch noch in verhältnismäßig geringer Auswahl zur Verfügung standen, angewiesen. Am besten zur Bearbeitung geeignet erwiesen sich: Johannisbeere auf Ribes aureum, Ampelopsis Veitchii auf Ampelopsis hederacea und Robinia pseudacacia var. auf Wurzelunterlage der gewöhnlichen Robinie; ich habe daher auch bei der Untersuchung dieser Veredelungen die schönsten Resultate und die besten Schnitte zur photographischen Wiedergabe erhalten. Hartholzige Veredelungen wie z. B. Apfelkopulationen, welche nur geringes Mark und einen relativ breiten Holzkörper besitzen, bei denen sich ferner die Veredelungsstelle infolge eines meist sehr verworrenen Verlaufes der Fasern und Tracheen nur sehr schwer bearbeiten läßt, bedurften einer längeren, vorbereitenden Behandlung. Solches Material habe ich, um es weicher und leichter schneidbar zu machen, je nach Bedarf einen bis mehrere Tage lang der Einwirkung von verdünntem Glycerin (gleiche Teile Wasser und Glycerin) im Vakuum überlassen. Diejenigen Objekte, welche zur Untersuchung auf Gerbstoff dienen sollten, habe ich nach der Sanio'schen Methode mehrere Wochen lang in eine wässerige Kaliumbichromatlösung gelegt und dann gleicherweise mit Glycerin behandelt.

Besonderen Wert legte ich bei der Ausführung der Untersuchungen auf große, möglichst übersichtliche Quer- und Längsschnitte durch die ganze Verwachsungsstelle, da sich nur an solchen ein klares Bild von dem histologischen Bau der Veredelungsstelle und rückschließend daraus ein Begriff von den Verwachsungsvorgängen machen läßt; besondere anatomische Feinheiten wurden an Rasiermesserschnitten verfolgt. Zur Herstellung großer Schnitte diente ein starkes, für diese Zwecke ganz hervorragend geeignetes Mikrotom aus der physikalisch-mechanischen Werksätte von F. Büchi & Sohn in Bern.

Für die photographischen Aufnahmen stand mir der mikrophotographische Apparat des Botanischen Instituts zur Verfügung;

derselbe stammt von der Firma E. Leitz in Wetzlar und gestattet neben den Aufnahmen mittelst des Mikroskops auch Aufnahmen von Übersichtsbildern ohne dasselbe, zu welchem Zwecke er mit einem besonderen Objektiv ausgestattet ist, welches bis zehnfache Vergrößerung erlaubt. Die Aufnahmen selbst wurden ausschließlich bei Auerlichtbeleuchtung unter Anwendung eines Kondensors und entsprechender Lichtfilter vorgenommen. Als für diese Zwecke vorzüglich geeignete Platten haben sich die sehr empfindlichen orthochromatischen „Agfa“ Isolarplatten bewährt.

Allgemeiner Teil.

Von den zahlreichen Veredelungsmethoden, welche man früher kannte, und in deren verschiedenster Modifizierung besonders die französischen Züchter groß waren, haben sich im Laufe der Zeit nur vier bewährt und infolgedessen in der Praxis erhalten, nämlich: die Kopulation, die Okulation, das Pfropfen in die Rinde und das Pfropfen mit dem Sattel oder auch Geißfußpfropfen genannt. Diese 4 Methoden, welche heutzutage bei der Veredelung ausschließlich noch zur Anwendung kommen, lassen sich in 2 im Prinzip verschiedene Gruppen zusammenfassen, und zwar so, daß das Pfropfen in die Rinde mit der Okulation, das Geißfußpropfen aber mit der Kopulation zusammengeworfen wird. Wie das Pfropfen in die Rinde vom Gesichtspunkte der Ausführung und des Verwachsungsvorganges nur eine Modifikation der Okulation ist, so nimmt auch das Geißfußpfropfen keine besondere Stellung ein, sondern ist lediglich eine modifizierte Kopulation. Die Unterschiede sind kurz folgende: Bei der Okulation wird nur ein Auge mit dem nötigen Rindenstückchen auf die Unterlage transplantiert und von dem Auge wird meistens ein Austreiben erst im nächsten Jahre erwartet, deshalb okuliert man erst im August. Bei dem Pfropfen unter die Rinde wird nicht ein einzelnes Auge, sondern ein Reis mit mehreren Augen transplantiert und zwar sollen die Augen noch im Veredelungsjahre austreiben, deshalb wird die Operation im Frühjahre vorgenommen. Im Prinzip der Herstellung jedoch sind beide Methoden gleich, bei beiden geschieht das Einschieben des Auges resp. des Reises unter die durch entsprechende Schnitte gespaltene Rinde der Unterlage, und deshalb sind auch die Verwachsungsvorgänge analoge.

Die Kopulation wird vorgenommen, wenn Reis und Unterlage dieselbe Dicke haben, während das Geißfußpfropfen dann Anwendung findet, wenn die Unterlage umfangreicher ist als das Reis. In beiden Fällen aber wird ein Reis mit mehreren Augen transplantiert, welches noch in demselben Jahre austreiben soll, weshalb beide Methoden im Frühjahre auszuführen sind. Im Prinzip der Verwachsung verhalten sich beide Methoden gleich und sie unterscheiden sich lediglich durch den Zuschnitt von Reis und Unterlage.

Die Okulation ist also die einzige Veredelungsmethode, bei welcher ein Austreiben des Auges erst im nächsten Jahre stattzufinden hat und es liegt auf der Hand, daß ihr infolgedessen gewisse Vorzüge gegenüber den übrigen Methoden zugeschrieben werden können, welche dadurch bedingt sind, daß die ganze Wachstumsenergie, welche die Pflanze zur Zeit der Operation (August) noch besitzt, lediglich auf die Verwachsung des Reises mit dem Rindenschildchen konzentriert werden kann, während bei allen übrigen Methoden das Austreiben der Augen ganz oder teilweise mit der Verwachsung zusammenfällt.

Im Folgenden werde ich nun versuchen, zuerst die Grundzüge der Verwachsung von Reis und Unterlage im Allgemeinen festzulegen, um daran anschließend auf Grund meiner Untersuchungen die Verwachsungsvorgänge, wie sie sich bei den oben erwähnten beiden Haupttypen der Veredelung abspielen, im Speziellen zu charakterisieren. Außerdem werden uns im Laufe der Besprechung des Untersuchungsmaterials histologische Merkwürdigkeiten von mancherlei Art begegnen, denen dann am Schlusse meiner Ausführungen noch ein besonderes Kapitel gewidmet werden soll.

Die Grundzüge der Verwachsung von Reis und Unterlage.

Bei der Betrachtung dieser Frage muß ich vorausschicken, daß es sich bei der Veredelung um eine Verwachsung zweier Teile handelt, die sowohl in ihrem anatomischen Aufbau, als auch in ihrer biologischen Entwickelung die weitgehendsten Analogieen aufweisen, und damit ist zugleich gesagt, wie eng die Grenzen für die Erzielung einer brauchbaren Veredelung gezogen sind, denn in

den meisten Fällen sind diese Analogieen nur bei systematisch auf das engste miteinander verwandten Individuen vorhanden. Es ist ja eine bekannte Tatsache, daß die Möglichkeit einer dauernden Vereinigung zweier Pflanzen durch Veredelung nicht nur auf die Angehörigen natürlicher Pflanzenfamilien beschränkt, sondern selbst innerhalb der Familien unter den einzelnen Gattungen manchmal ein Ding der Unmöglichkeit ist. Allgemein bekannt dürfte es wohl sein, daß die verschiedenen Birnensorten sich nicht oder nur schwer auf den der gleichen Pflanzengattung angehörenden Apfelbaum veredeln lassen, während sie dagegen von der Quitte, welche einer ganz anderen Gattung, jedoch auch derselben Familie angehört, leicht aufgenommen werden. Wenn sich nun schon innerhalb der einzelnen Gattung so schwankende Analogieverhältnisse bemerkbar machen, wie muß es dann erst mit Individuen bestellt sein, welche im natürlichen Pflanzensystem weiter, z. Bspl. über die Familienangehörigkeit hinaus voneinander entfernt stehen? Und in der Tat ist auch eine dauerhafte, ertragsfähige Veredelung verwandtschaftlich so weit entfernter Individuen direkt als unmöglich zu bezeichnen, und die alten römischen Angaben über Veredelungen von Äpfeln auf Platanen, Kastanien auf Buchen, Birnen auf Eschen u. dgl. [1]) müssen in das Reich der Märchen verwiesen werden.

Was nun die oben erwähnten Analogieverhältnisse anbelangt, so können sich dieselben auf die verschiedenste Art äußern, eine scharfe, präzise Charakterisierung derselben zu geben ist jedoch ebenso unmöglich, wie die Erklärung der Gründe für das merkwürdige Verhalten der Birne zum Apfel und zur Quitte. Jedenfalls aber kann man mit Bestimmtheit sagen, daß nicht nur die anatomischen, sondern auch die biologischen Charaktere der zu vereinigenden Objekte in größtmöglichstem Einklange zu einander stehen müssen. Eine Zusammenfassung aller dieser Gesichtspunkte bezeichnet man in der Praxis als Affinität des Reises zur Unterlage. Vor allem muß die Gewebedifferenzierung der beiden eine annähernd gleiche sein, d. h. die Dickenverhältnisse von Holz- und Rindenkörper müssen möglichst übereinstimmen und besonders müssen die Kambien möglichst genau aufeinander passen; auch

[1]) H. Vöchting, Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892, pag. 5, Anm. 10.

das nachträgliche Dickenwachstum beider muß möglichst gleich stark sein. Dazu kommt ferner, daß dem Wasserbedürfnis des Reises durch die Unterlage und andererseits auch dem Bedarf der Unterlage an organischer Nahrung durch das Reis Rechnung getragen werden muß. Es ist zu bedenken, daß Reis und Unterlage eine Ernährungsgemeinschaft, eine Symbiose, eingehen sollen, daß das Reis der Unterlage die durch die Operation geraubte Blattkrone und die Unterlage dem Reis die geraubten Wurzeln ersetzen soll, mit anderen Worten also, daß die Transpirations- und Assimilations-Verhältnisse nach der Veredelung annähernd derart sein müssen, wie sie den beiden Symbionten vor der Veredelung eigen waren. Das sind die wichtigsten Momente, welche bei der Affinitätsbestimmung von Reis und Unterlage ins Gewicht fallen, und die zu erfüllen einigermaßen im Bereiche unserer Macht stehen. Keineswegs soll aber hiermit gesagt sein, daß mit Erfüllung derselben allein eine dauernde Vereinigung von Reis und Unterlage in allen Fällen erreicht werden kann. Innere Ursachen, welche sich zur Zeit noch unserer Kenntnis entziehen und uns auch vielleicht niemals bekannt werden, scheinen es zu sein, welche trotz aller Berechnung und trotz möglichster Erfüllung aller biologischen Existenzbedingungen die gegenseitige Abneigung zweier verwandschaftlich einander sehr nahestehender Pflanzen hervorrufen. —

Sind nun ein Reis und eine Unterlage, welche die nötige Affinität zu einander besitzen, nach einer der üblichen Veredelungsmethoden mit einander in Verbindung gebracht, so ist es vor Allem nötig, daß die Wunden, welche bei der Operation entstanden sind, geschlossen werden, damit das weiter innen liegende Gewebe gesund erhalten bleibt. Erst in zweiter Linie kommt sodann die Neubildung von Zellen, welche die Verkittung vornehmen sollen, in Betracht. Die beiden Vorgänge brauchen jedoch zeitlich nicht getrennt voneinander zu verlaufen, vielmehr finden sie in den meisten Fällen fast gleichzeitig statt. Die Zellen, welche durch den Schnitt direkt getroffen sind und meist auch noch die der nächsten und übernächsten Zellreihe nach innen, verkorken ihre Membranen, oder wo dies nicht möglich ist, wie z. Bspl. bei den Tracheen und Fasern, wird ein Wundgummi ausgeschieden, welcher eintrocknend die Lumina derselben wie mit einem Stopfen verschließt. Hierdurch werden die darunter liegenden Gewebepartieen vor der Ein-

wirkung der Luft und des Wassers geschützt und die Wunde provisorisch geschlossen. Die unter dieser schützenden Decke liegenden lebenden Zellen in Betracht kommen, wie weiter unten ersichtlich ist, die Zellen des Kambiums, der sekundären Rinde, des jüngsten Splintes, der Markstrahlen und in manchen Fällen auch die des Markes soweit sie natürlich lebend sind —, entfalten nun eine lebhafte Zellteilung, deren Resultat ein vollständig homogenes, zartes Gewebe, der Kallus ist. Sowohl das Reis als auch die Unterlage beteiligen sich an dieser Gewebeneubildung, und die von beiden erzeugten, mehr oder weniger großen Kalluspolster vereinigen sich schließlich beim Zusammentreffen, wobei die obengenannten abgestorbenen Zellpartien eingeschlossen und allmählich vollständig resorbiert werden.

Die Vereinigung der Kalluspolster geht nach Mäule's[1]) Untersuchungen derart vor sich, daß die trennenden Korkschichten an der Berührungsfläche resorbiert werden, und dann die äußersten aufeinander treffenden lebenden Zellen miteinander verschmelzen. Ob auch deren Kerne kopulieren, das ist eine schon oft ventilierte Frage, die indessen bis zum heutigen Tage noch keiner sicheren Lösung entgegengeführt wurde. — Bei der großen Wichtigkeit, von welcher dieser Punkt für die Lösung der Pfropfhybridenfrage ist, müssen selbstverständlich alle diesbezüglichen Befunde mit größter Vorsicht aufgenommen werden. Die Ansicht der Mehrzahl der Autoren geht dahin, daß die Kerne nicht verschmelzen, wie sie in logischer Erwägung auch die Existenz der Pfropfhybriden bezweifeln. In neuester Zeit ist Strasburger[2]) auf Grund der Nêmec'schen[3]) Befunde an chloralisierten Wurzeln wieder der Möglichkeit einer Kernverschmelzung mit anschließender Reduktion der Chromosomenzahl nähergetreten. Es gehört indessen nicht in den Rahmen meiner Arbeit, die Pfropfhybridenfrage hier näher zu erörtern, es war mir auch bei der Beschaffenheit meines Untersuchungsmaterials

---

[1]) Mäule, Der Faserverlauf im Wundholz. Bibliotheca Botanica 1895. Heft XXXIII.

[2]) Strasburger, Über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybridenfrage. (Jahrbücher f. wiss. Botanik, Leipzig 1907, pag. 482 u. f.)

[3]) Nêmec, Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf die Kern- und Zellteilung. (Jahrbücher f. wiss. Botanik 1904, Bd. XXXIX, pag. 668.)

nicht möglich, das Verhalten der Zellkerne bei der Verwachsung der Kalluspolster näher zu beobachten. —

Nachdem nun also die von Reis und Unterlage erzeugten Kalli sich miteinander vereinigt haben, ist damit auch ein definitiver Wundschluß an der Veredelungsstelle erreicht. Wohl zu beachten ist indessen, daß dieser Verschluß nicht identisch ist mit einer Verwachsung des Reises mit der Unterlage, sondern lediglich eine provisorische Verkittung vollzieht; es kann vorkommen, daß trotz der üppigsten Kallusentwickelung keine dauernde Vereinigung von Reis und Unterlage zustande kommt. Immerhin aber bietet ein die ganze Schnittwunde an der Veredelungsstelle dicht umschließender Kalluswulst eine gewisse Garantie für eine nun folgende Ernährungsgemeinschaft. Sorauer[1]) unterscheidet deshalb auch genau zwischen einem „vorläufigen Verschluß“ und einer „definitiven Verwachsung“.

Und wie vollzieht sich nun diese definitive Verwachsung? Dadurch, daß in dem Kallus, welcher die Verbindung zwischen Reis und Unterlage herstellt, eine meristematische Zone entsteht, welche sich an die Kambien des Reises und der Unterlage anschließt und somit eine Wachstumsgemeinschaft zwischen beiden herstellt. Der Vorgang kann etwa mit der Bildung des Interfaszikularkambiums in den Stengeln der Dikotyledonen verglichen werden. Es ist also nun wieder ein allseits geschlossener Kambiumring vorhanden, welcher gemeinsame Ringe von Holz- und Rindenelementen um die beiden Kopulanten legt, und hiermit ist zugleich auch eine Ernährungsgemeinschaft hergestellt, d. h. die definitive Verwachsung ist erreicht.

Der Zeitpunkt, zu welchem dieser Zustand eintritt, liegt bei gut ausgeführten Veredelungen, Okulationen ausgenommen, nicht weit entfernt von der Vornahme der Operation, zumal da die Veredelungen im Frühjahre vorgenommen werden, wo die Wachstumsenergie eine ganz bedeutende ist. Der primäre Wundschluß entsteht sofort, die Kallusbildung vollzieht sich meist schon innerhalb einiger Tage und bei den meisten Kopulationen und Geißfußpfropfungen habe ich schon nach 3 Wochen

[1]) Sorauer P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 2. Aufl. Berlin 1886. Band I. pag. 768.

eine definitive Verwachsung konstatiert. Speziell bei Apfelkopulationen und Robinienpfropfungen habe ich schon 4 Wochen nach der Operation einen gemeinsamen Holzring von ganz beträchtlicher Dicke vorgefunden, was sich aus dem Folgenden noch näher ergeben wird.

Eine Ausnahme von dieser ziemlich allgemeinen Regel bilden, wie oben schon erwähnt, die Okulationen, und zwar aus dem Grunde, weil zur Zeit des Okulierens (August) die Neubildung von Holz- und Rindenelementen normalerweise schon ihr Ende erreicht. Es kommt also im Veredelungsjahre nur noch zu einer vorläufigen Verkittung durch Kallus, der den Winter überdauert, und die definitive Verwachsung stellt sich meist erst zu Beginn der nächsten Vegetationsperiode ein. Findet die Okulation schon im Juli statt, was jedoch selten geschieht („Okulation auf das treibende Auge", während die häufiger gebrauchte Methode „auf das schlafende Auge" genannt wird), so ist allerdings die Möglichkeit vorhanden, daß die definitive Verwachsung auch noch im gleichen Jahre zustande kommt.

Der vorbeschriebene Gang der Verwachsung ist in großen Zügen der, welcher sich bei allen Veredelungen abspielt. Das Prinzip bleibt stets dasselbe, kleine Abweichungen und interessante Begleiterscheinungen sind jedoch häufig, selbst bei Veredelungen, welche alle nach derselben Methode hergestellt sind. Beeinflussend können in dieser Beziehung sein: teils die Witterung, teils die Vornahme einer Veredelung zu unrichtiger Jahreszeit, wie ich dies in besonders schöner Weise bei Johannisbeerkopulationen konstatieren konnte, und anderes mehr. Bei Okulationen kann ferner ins Gewicht fallen, ob „mit" oder „ohne" Holz okuliert wurde. Auch die Fähigkeit oder Unfähigkeit des Reises und der Unterlage, rasch und in genügender Menge Kallus zu bilden, wird den Gang der Verwachsung häufig beeinflussen, wie überhaupt ein möglichst rascher Wundschluß die Grundbedingung für eine gute Veredelung ist, weil hierdurch eine Infektionsgefahr der Wunde bedeutend dezimiert wird.

Die Frage der Kallusbildung wird daher bei einer Besprechung der histologischen Vorgänge bei Veredelungen von ganz besonders großem Interesse sein, und ich habe nicht versäumt, diesem durch

Küster [1]) schon einer eingehenden Bearbeitung unterzogenen Kapitel, ebenfalls meine besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Auf diesbezügliche, im Laufe meiner Untersuchungen gemachte Befunde werde ich in einem besonderen Kapitel noch zu sprechen kommen. Zuvor möchte ich aber dieser allgemeinen Betrachtung eine spezielle Charakterisierung der Verwachsungsvorgänge an der Hand meines Untersuchungsmateriales folgen lassen.

---

[1]) E. Küster, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903. Seite 153 u. f.

Spezieller Teil.

I. Die Kopulation.

Die Kopulation ist eine sehr häufig benützte Veredelungsmethode; sie wird stets dann angewandt, wenn Reis und Unterlage annähernd gleiche Dicke besitzen, und ihre Anwendung ist aus dem Grunde, weil die Kambien der Kopulanten allseitig annähernd aufeinander gepaßt werden können, meistens von ausgezeichneten Erfolgen begleitet. Es kommt zwar auch vor, besonders bei Kopulationen auf die Wurzel oder den Wurzelhals, daß ungleich dicke Kopulanten miteinander vereinigt werden; in solchen Fällen müssen die Kambien wenigstens auf einer Seite gut aufeinander passen. Die Vornahme der Operation geschieht im Frühjahre, zu einer Zeit, wo die betreffenden Pflanzen noch nicht im Safte stehen. Reis und Unterlage werden schief zugeschnitten, mit den Schnittflächen sofort, möglichst ohne Berührung derselben mit den Fingern vereinigt, und die Vereinigungsstelle in ihrem ganzen Umfange mit Bast verbunden, um zu verhindern, daß die Kopulanten sich aus ihrer Lage bewegen. Je länger der Kopulationsschnitt ist, desto größer sind die Flächen, mit denen sich die Kopulanten berühren, und man wird deshalb den Zuschnitt mit Vorteil so lang als möglich wählen. Eine Modifikation des Zuschnittes ist der englische Zungenschnitt, der es gestattet, bei einem kurzen Kopulationsschnitt eine möglichst große Berührungsfläche herzustellen. Der englische Zungenschnitt, welcher besonders bei der Rebenveredelung jetzt fast durchwegs zur Anwendung kommt, wird derart hergestellt, daß zuerst ein kurzer einfacher Kopulationsschnitt und dann an jeder Schnittfläche noch je ein kurzer axiler Einschnitt ausgeführt

wird, sodaß die Kopulanten mit Doppelzungen ineinander greifen, wodurch nicht nur eine um das doppelte vergrößerte Berührungsfläche, sondern auch ein festerer Halt erzielt wird, welcher bei der Rebenveredelung einen Verband vollständig unnötig gemacht hat.

Bei der Kopulation ist, wie bei keiner anderen Veredelungsmethode, die Möglichkeit gegeben, sämtliche einander entsprechenden Gewebeflächen der Kopulanten, also Rinde, Kambium, Holz und Mark in ihrem ganzen Umfange aufeinander zu passen. Wie bei jeder Methode, so ist es selbstverständlich auch hier nötig, daß vor allem die Kambien möglichst genau aufeinander zu stehen kommen. Annähernd kann dies ja in den meisten Fällen erreicht werden, aber ganz genau kommt es wohl selten vor, selbst bei der sorgfältigsten Ausführung der Operation. Für die Praxis ist es auch gar nicht von Bedeutung, ob die Kambien wirklich ganz genau aufeinander passen oder nicht, denn das Zustandekommen einer Ernährungsgemeinschaft zwischen Reis und Unterlage wird selbst bei ziemlich bedeutenden Ungenauigkeiten im Aufeinanderpassen zeitlich nur unmerklich beeinflußt. Wohl aber ist dieser Umstand für die Erklärung einer Erscheinung wichtig, welche allen Praktikern wohl bekannt ist, nämlich der Erscheinung, daß sich die Veredelungsstelle selbst bei den ältesten Stämmen bis in die jüngsten Jahresringe nachweisen läßt, mögen dieselben nun 5 oder 50 Jahre nach der Veredelung entstanden sein. Es zieht sich nämlich von der Veredelungsstelle aus durch sämtliche nachträglich entstandenen Jahresringe des Holzes hindurch eine etwas dunkler gefärbte Linie, deren Zustandekommen auf einen unregelmäßigen Verlauf der Längselemente in der Fortsetzung der Verwachsungsstelle zurückzuführen ist. Die Ursache dieser Unregelmäßigkeit ist darin zu suchen, daß die Kambiumzellen, welche die Verbindung zwischen dem Kambium des Reises und dem der Unterlage herstellten, ebenfalls schon anormal orientiert waren. Woher dies kommt, das zeigen die von mir angestellten Messungen, welche ergeben haben, daß unter 100 Reisern, welche an der Kopulationsstelle ganz genau dieselbe Dicke hatten wie die Unterlagen, auf welche sie verpflanzt wurden, kein einziges vorhanden war, dessen Kambiumzylinder genau in einer Geraden die Fortsetzung des Kambiumzylinders der Unterlage gebildet hätte. Durch mehr oder weniger große Unterschiede in der Dicke der Rinde oder des Holzes

wurde verursacht, daß der Kambiumzylinder des einen entweder etwas enger oder weiter war als derjenige des anderen, sodaß das entstehende Verbindungskambium fast stets eine mehr oder weniger starke Biegung nach innen resp. nach außen machen mußte. So aber wie die Kambiumzellen an der Verwachsungsstelle orientiert sind, werden auch alle aus ihnen hervorgehenden Elemente orientiert sein, d. h. sie werden ebenfalls aus der normalen Richtung abgelenkt. Diese Ablenkung der Elemente macht sich auf Längsschnitten durch die Veredelungsstelle dem bloßen Auge als eine Linie bemerkbar; Göppert [1]) hat dieselbe als Demarkationslinie bezeichnet und ihr eine ganz besondere Bedeutung beigelegt, ohne jedoch auf ihr Zustandekommen näher einzugehen. Ich habe daher der anatomischen Charakterisierung der Demarkationslinie im Verlaufe meiner Untersuchungen ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt und werde am Schlusse meiner Ausführungen noch eingehender auf die diesbezüglichen Resultate zu sprechen kommen.

Über den Gang der Verwachsung bei der Kopulation habe ich dem im vorigen Kapitel gesagten nur noch weniges anzufügen. Was zunächst die Kallusbildung betrifft, so beteiligen sich daran in der Regel sämtliche an die Schnittflächen angrenzenden lebenden Zellen, vor allem aber das Kambium und die sekundäre Rinde. Auch die Zellen der primären Rinde fand ich häufig, so bei Ribes, Ampelopsis und sogar bei Pirus malus an der Kallusbildung beteiligt. Wo die Zellen des Markes sich noch in lebendem Zustande befinden, wird auch von diesen eine ganz bedeutende Menge Kallus geliefert, wie ich dies bei Ampelopsis, ganz besonders aber bei Ribes feststellte. (Vergl. Tafel VI, Abb. 16). In solchen Fällen verwachsen außer dem Holzkörper fast alle Gewebepartieen der Kopulanten. Besitzen die beiden Kopulanten aber einen Markkörper, welcher keine lebenden, also keine kalluslieferndn Zellen mehr enthält, wie dies z. Bspl. bei Apfel- und Rebenveredelungen fast immer der Fall ist, dann dringt gewöhnlich eine Kalluszunge vom Kambium her in den Spalt zwischen den Holz- und Markzylindern ein, ohne jedoch eine Verbindung unter denselben her-

[1]) Göppert, Über die bisher ungekannten Vorgänge beim Veredeln der Bäume. (Vortrag in der Sitzung d. Schles. Ges. für vaterländische Kultur, 24. I. 1872.)

zustellen. Bei oberflächlicher Betrachtung hat es allerdings den Anschein, als ob dies doch der Fall wäre, und als ob auch das alte Holz und Mark an der Kalluslieferung beteiligt gewesen seien, besonders wenn die Kalluszunge dicht an die Schnittflächen angepreßt wird. Unter dem Mikroskop läßt sich jedoch leicht feststellen, daß die an die Schnittflächen angrenzenden Teile des Holzes und Markes abgestorben sind, und daß die Kalluszunge gegen dieselben durch einen Kork abgegrenzt ist. Später vermorscht diese Kalluszunge vollständig; in wenigen Fällen aber habe ich konstatiert, daß nach der Herstellung der Kambiumverbindung ein holzparenchymatisches Wundholz von außen her nachrückt, welches dann zeitlebens die Spalte ausfüllt.

Die definitive Verwachsung, also eine Wachstums- und Ernährungsgemeinschaft tritt bei der Kopulation sehr schnell ein. Grundbedingungen sind natürlich: gute Beschaffenheit der Kopulanten, sorgfältige, sachgemäße technische Ausführung der Veredelung und richtige Pflege. Bei den zahlreichen Apfelkopulationen, welche ich untersuchte, konnte ich stets schon nach 4 Wochen einen das Reis und die Unterlage gemeinsam umschließenden Holzring feststellen, der nach 10 Wochen bereits eine Dicke von 2 mm besaß. (Vergl. Tafel IV, Abb. 10). Andererseits aber habe ich eine große Reihe von Johannisbeerveredelungen untersucht, welche im August statt im Frühjahre gemacht worden waren, und die samt und sonders erst im zweiten Jahre nach der Operation zur definitiven Verwachsung kamen. Dieser merkwürdigen Verschleppung des Verwachsungsprozesses und den mutmaßlich damit in ursächlichem Zusammenhange stehenden, merkwürdigen Holzbildungen im Markkallus habe ich ganz besonders meine Aufmerksamkeit geschenkt, zumal da mir das Material in großer Menge und in den verschiedensten Alterszuständen zur Verfügung stand. Bezüglich der Einzelheiten verweise ich auf die Seite 29 folgende eingehende Besprechung der Johannisbeerkopulationen, sowie auf die zugehörigen Tafeln VI und VII.

Was ich in vorstehendem über die Verwachsungserscheinungen bei Anwendung der gewöhnlichen Kopulationsmethode sagte, gilt in gleichem Maße auch für die vermittelst des englischen Zungenschnittes angefertigten Veredelungen.

Apfelvarietät auf Pirus malus.

a. Kopulation nach der gewöhnlichen Methode, b. Kopulation mit Lücken.

a. Die nachstehend beschriebenen Veredelungen sind nach der gewöhnlichen Kopulationsmethode, also vermittelst des einfachen, glatten Kopulationsschnittes hergestellt. Es wurden Anfangs Mai mehrere einjährige Zweige einer Apfelvarietät auf gleichalterige Zweige eines älteren Apfelsämlings kopuliert und Mitte Juli, also in einem Alter von 10 Wochen, zur Untersuchung abgeschnitten.

Die Veredelungen machten äußerlich den Eindruck einer sehr guten Verwachsung. Das Reis war während der 10 Wochen reich beblättert, an der Unterlage dagegen waren die Blätter bis zur Hauptachse vollständig entfernt gewesen. An der Verwachsungsstelle war eine geringe Anschwellung festzustellen, sodaß der Durchmesser daselbst 9 mm, im übrigen aber am Reis und an der Unterlage nur 7 mm betrug. Ich untersuchte sechs Exemplare dieser Veredelung und fand bei allen eine sehr weit vorgeschrittene Verwachsung. Die Verbindung der Kambien ist anscheinend schon ganz kurz nach der Operation zustande gekommen, denn der nach derselben erzeugte Holzring umschließt bereits in einer Dicke von 2 mm gemeinsam die beiden Kopulanten, eine Verwachsung, wie sie in Anbetracht der kurzen Frist nicht schöner gedacht werden kann. (Vergl. Tafel IV, Abb. 10). Reste von abgestorbenem Kallus sind nicht vorhanden, weder in der Region des Kambiums, noch in dem Spalt zwischen den alten Holzkörpern. Anscheinend ist nur eine äußerst geringe Menge Kallus gebildet worden, gerade so viel als zur Herstellung der Kambiumverbindung genügte.

Besonders charakteristisch sind diese Apfelkopulationen im Vergleiche mit den später beschriebenen Johannisbeer-Kopulationen, bei welchen infolge allzustarker Kallusbildung die beiden Kopulanten derart auseinander getrieben wurden, daß ein gemeinsamer, allseits schließender Holzring meist erst im zweiten Jahre nach der Operation um Reis und Unterlage gelegt wurde. (Vergl. Tafel V, Abb. 16).

Wie ein Blick auf die photographische Wiedergabe eines Querschnittes durch eine der Apfelkopulationen zeigt (vergl. Tafel IV, Abb. 10), ist auch in der Rinde eine vollständige Verwachsung zu

konstatieren, und zwar nicht nur in den sekundären Lagen, sondern auch in den äußersten Partieen der primären Rindenkörper.

Bei einer der untersuchten Kopulationen fand sich in dem schmalen Spalt zwischen den beiden Kopulanten ein schwacher Kalluskeil, der die Aufmerksamkeit ganz besonders in Anspruch nahm. Vor Allem war zu konstatieren, daß derselbe nur da entstand, wo das Mark des Reises durch den Kopulationsschnitt getroffen worden war, nicht aber da, wo das Mark der Unterlage an die Schnittfläche angrenzte. Die Zellen dieses Kalluskeilchens waren isodiametrisch, dünnwandig, schwach getüpfelt und unverholzt; nur einzelne von ihnen färbten sich mit Phloroglucin und Salzsäure schwach rosa. Das merkwürdigste ist indessen, daß diese Kalluszellen zweifellos aus Parenchymzellen (Markzellen) hervorgegangen waren, welche zur Zeit der Untersuchung und aller Voraussicht nach auch zur Zeit der Operation ziemlich starke Verholzung zeigten. Die Markzellen des Apfels zeigen schon in ganz jugendlichem Zustande Verholzung ihrer Membranen, und es ist deshalb nicht anzunehmen, daß die Markzellen des vorliegenden Objektes nicht auch schon zur Zeit der Operation verholzt waren, denn sie waren zu dieser Zeit über 1 Jahr alt. Es liegt also hier der Fall vor, daß bereits verholzte Dauergewebezellen durch Verwundung zur Teilung angeregt wurden. Durch eingehende Untersuchungen an ganz jungen Apfelzweigen ließ sich diese Merkwürdigkeit soweit erklären, daß das Mark der Apfelzweige sich aus zweierlei Zellen aufbaut, nämlich aus kleineren, dickwandigen und stark verholzten, sowie aus etwas größeren, dünnwandigeren und nur schwach verholzten Zellen. Daß die stark verholzten Zellen an der Kallusbildung beteiligt waren, scheint nach Lage der Dinge völlig ausgeschlossen, und es bleibt somit nur die Annahme, daß die dünnwandigen, schwach verholzten Markzellen durch die Verwundung zur Teilung angeregt wurden. Warum dies aber nur beim Marke des Reises und nicht auch bei dem der Unterlage der Fall war, darüber bin ich mir nicht klar geworden. Jedenfalls wird die Ursache nur eine zufällige sein, wie ja an den übrigen untersuchten Kopulationen eine derartige Kallusbildung überhaupt, also auch beim Reis unterblieben ist.

Die bisher bekannte Literatur besitzt keine ganz sichere Angabe über die Fähigkeit verholzter Zellen, Kallus zu bilden.

Küster[1]) ist der Ansicht, daß bei Holzparenchym von einer Fähigkeit, Kallus zu liefern, kaum zu sprechen sei, wenngleich zwei Fälle bekannt wurden, welche diese Fähigkeit immerhin als möglich erscheinen lassen. Molisch[2]) hat Teilungen als Ausnahmefälle bei den zu Thyllen ausgewachsenen Holzparenchymzellen von Cuspidaria pterocarpa und Robinia beobachtet. Außerdem berichtet Stoll[3]) von einer Beteiligung der Thyllen an der Kallusbildung bei Passiflora quadrangularis; diese Angabe wird jedoch von Küster[4]) bezweifelt. Nach meinen Befunden wäre also anzunehmen, daß Holzparenchymzellen, deren Membranen einen nur geringen Grad von Verholzung aufweisen, durch Verwundung zur Teilung angeregt werden können. —

Was das alte Holz der Apfelkopulationen anbelangt, so ist dasselbe jedenfalls auch dank des genauen Aufeinanderpassens der Verwachsungsflächen und des dadurch erzielten raschen Wundschlusses an den Schnittstellen sehr gut konserviert. Es erwiesen sich nämlich nur die direkt an die Schnittflächen angrenzenden Gewebepartieen als abgestorben. Thyllen wurden gar nicht und Wundgummi nur in äußerst geringer Menge gebildet.

Der nach der Operation gebildete Holzring umschließt, wie oben schon erwähnt, die beiden Kopulanten gemeinsam, jedoch nicht an allen Stellen in gleicher Dicke. An den Überwallungsstellen ist er vielmehr stärker als im übrigen Umfang, eine Erscheinung, welche übrigens bei allen Veredelungen zu beobachten und als Folge des Wundreizes anzusehen ist. Ferner besitzt bei allen untersuchten Objekten das Holz des im Veredelungsjahre entstandenen Jahresringes die Eigentümlichkeit, daß es in seinem älteren Teile gefäßreicher ist als in seinem jüngeren; letzterer erscheint auf den Querschnitten sogar völlig gefäßfrei, weil die Gefäße so eng sind, daß man sie von den Holzparenchymzellen

[1]) Küster, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, pag. 162.

[2]) Molisch, Zur Kenntnis der Thyllen, nebst Beobachtungen über Wundheilung in den Pflanzen. (Sitzungsbericht d. Akademie d. Wiss. Wien 1888. Band XCVII. Abt. I).

[3]) Stoll, Über die Bildung des Kallus. Bot. Ztg. 1874, Bd. XXXII, pag. 737.

[4]) Küster, l. c., pag. 163.

kaum unterscheiden kann. Dieser anscheinend gefäßfreie Teil des Jahresringes ist nach der Operation entstanden, während der gefäßreiche Teil schon vor der Operation vorhanden war, denn letztere wurde, wie eingangs erwähnt, im Mai vorgenommen, zu welcher Zeit die Holzbildung meistens schon weit vorgeschritten ist. Der Kopulationsschnitt ging also ursprünglich noch weiter als auf der Abbildung zu sehen ist, nämlich noch durch den gefäßreichen Teil des zweiten Jahresringes hindurch; wenn er aber dort nicht mehr zu sehen ist, so kommt dies daher, weil diese damals noch sehr jugendlichen Splinte des Reises und der Unterlage nach der Kopulation spurlos miteinander verwachsen sind. Wie ich bei etwas älteren Apfelveredelungen konstatieren konnte, bleibt der Wundholzcharakter des nach der Veredelung entstehenden Holzes meist nur während des Veredelungsjahres bestehen und verschwindet im darauffolgenden Jahre völlig.

Die Elemente des nach der Operation entstandenen Holzes sind wesentlich verschieden von denen des älteren Holzes. Die Gefäße sind sehr kurzgliederig und englumig; Tracheïden, welche dem normalen Holze fehlen, treten hier in ziemlicher Menge auf. Alle Längselemente haben in der Fortsetzung der Verwachsungslinie einen merkwürdigen Verlauf: die Stränge biegen entweder seitlich aus, oder biegen direkt nach der entgegengesetzten Richtung um, laufen also eine Strecke weit zurück, biegen dann abermals um, und nehmen die alte Richtung wieder ein. Auf Tafel III, Abb. 8, welche einen Tangentialschnitt durch die Veredelungsstelle wiedergiebt, ist diese merkwürdige S-förmige Krümmung sehr deutlich zu sehen. (Vergl. auch das Kapitel „Demarkationslinie“.)

b. Ausgehend von der Erwägung, daß eine raschere und solidere Verwachsung erzielt wird, wenn dem Kallus ein größerer Raum zu seiner Entwickelung zur Verfügung steht, d. h. wenn die Schnittflächen der Kopulanten nicht so dicht aufeinander passen, wurde in neuerer Zeit verschiedentlich die sogenannte Lückenveredelung empfohlen[1]), bei welcher die Berührungsflächen der Kopulanten nicht plan, sondern konkav zugeschnitten werden. Es interessierte mich, festzustellen, inwiefern diese Anschauung richtig

[1]) Pfarrer Dees, Eine neue, sicher wachsende Veredelungsart (Erfurter Gartenführer).

ist, und wie sich die Verwachsungsvorgänge bei der Lückenkopulation von den bei der gewöhnlichen Kopulation stattfindenden unterscheiden.

Ich ließ mir deshalb zugleich mit den oben beschriebenen gewöhnlichen Kopulationen von derselben Apfelvarietät und auf dieselbe Unterlage eine Anzahl Veredelungen mit schwach konkaven Schnittflächen anfertigen. Diese Kopulationen wurden zugleich mit den anderen Mitte Juli, also ebenfalls in einem Alter von 10 Wochen abgeschnitten und untersucht. Das Resultat der Untersuchungen war, wie ich erwartet hatte, folgendes: Die Kambien der beiden Kopulanten hatten sich noch nicht vereinigt. Das neuentstandene Holz bildete an den Schnitträndern des Reises und der Unterlage sogenannte Überwallungswülste, welche sich teilweise eben berührten. Die Lücken aber waren weder mit lebendem, noch mit abgestorbenem Kallus ausgefüllt, sondern leer, und das angrenzende alte Holz war bis tief hinein abgestorben.

Es ergiebt sich hieraus ohne Zweifel die Minderwertigkeit der Lückenveredelung gegenüber der alten, wohlbewährten, gewöhnlichen Kopulation, bei welcher die Schnittflächen möglichst glatt aufeinander gepaßt werden. Die oben beschriebenen, vortrefflich verwachsenen, gewöhnlichen Kopulationen, bei welchen die Verwachsung vermittelst ganz geringer Kallusmengen zustande kam, sind ein deutlicher Beweis dafür, daß es nicht auf die Kallusmenge ankommt. Die Hauptsache ist, daß auf dem ganzen Umfange in der Kambialregion eine, wenn auch noch so schwache Kallusbrücke zwischen den beiden Kopulanten entsteht, durch welche die Verbindung der Kambien vermittelt wird. Im Übrigen befinden sich doch die bei konkavem Zuschnitte der Kopulationsflächen entstehenden Hohlräume zwischen den alten Holzkörpern. Angenommen nun, es würde sich wirklich ein stärkerer Kallus entwickeln und in diese Hohlräume ergießen, so würde er doch niemals mit dem alten Holze verwachsen, und das müßte doch nach der Theorie von Pfarrer Dees der Fall sein, wenn die „Lücken“ überhaupt ihren Zweck erfüllen sollen.

In der Praxis scheint man auch von den Vorzügen der Lückenveredelung nicht sonderlich überzeugt zu sein, denn in größeren Betrieben hat sie nach verschiedentlicher Anfrage bis jetzt keine Anwendung gefunden.

Rebenveredelung.

Sylvaner auf Riparia gloire de Montpellier.

Kopulation mittelst des englischen Zungenschnittes.

Speziell bei der Rebenveredelung hat sich die Kopulation mittelst des englischen Zungenschnittes immer mehr eingebürgert, und sie findet heutzutage bei uns fast ausschließliche Anwendung.

Da die Rebenveredelung eine Errungenschaft der allerneuesten Zeit und infolgedessen noch nicht so allgemein bekannt ist als die Obstveredelung, dürfte es wohl angebracht sein, etwas Näheres darüber vorauszuschicken.

Als Unterlagen bei der Rebenveredelung dienen verschiedene amerikanische Reben, welche sich durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Reblaus auszeichnen. Verhältnismäßig selten werden reinrassige Amerikaner wie Riparia oder Rupestris als Unterlagen verwendet, da diese nicht immer allen Ansprüchen, welche die Bodenbeschaffenheit, das Klima und vor Allem der Pfröpfling an sie stellen, genügen können. Man hat vielmehr durch Kreuzung eine große Anzahl von Hybriden, sog. Americo-Amerikaner gezogen, welche in sich die Vorzüge der einen mit den Vorzügen der anderen Rasse vereinigen, und hat auf diese Art eine größere Anzahl von Unterlagsreben herangezüchtet, welche für unsere Verhältnisse besser geeignet sind. Von den reinrassigen Amerikanern hat sich speziell am Rhein die Riparia gloire de Montpellier als sehr gute Unterlage für Riesling und Sylvaner erwiesen.

Die Amerikaner werden nicht in Gestalt von Sämlingen, sondern als einjährige bewurzelte oder unbewurzelte Stecklinge zu Unterlagen verwendet; erstere nennt man Wurzelreben, letztere Blindhölzer. Grünveredelungen werden heute fast nicht mehr ausgeführt. Durch Anwendung des englischen Zungenschnittes, welcher den beiden Kopulanten einen festeren Halt verleiht, ist das Verbinden der Veredelungsstelle nicht nur unnötig geworden, sondern es hat sich sogar als unvorteilhaft erwiesen. Bei dieser einfachen Veredelungsmethode ist es auch möglich, eine sehr große Anzahl von Veredelungen in kurzer Zeit herzustellen. Die Veredelungen werden nicht direkt in das Freiland gepflanzt, sondern in Kisten mit Moos und Holzkohle verpackt etwa 14 Tage lang in sogenannten „Stratifikationsräumen“ bei etwa 25° aufbewahrt d. h. „stratifiziert“.

Diese Zeit genügt meist, um an der Veredelungsstelle einen kräftigen Kallus zu erzeugen. Es folgt sodann eine kurze Abhärtungsfrist, um die Veredelungen an die Außenluft zu gewöhnen, und nach sorgfältiger Auswahl werden sie hierauf in die Rebschulen verpflanzt.

Als Material für die vorliegenden Untersuchungen über die histologischen Vorgänge bei der Kopulation mittelst Zungenschnittes diente mir Sylvaner auf Riparia gloire de Montpellier; das Material wurde mir in sehr dankenswerter Weise von der kgl. preuß. Rebenveredelungsstation in Geisenheim zur Verfügung gestellt.

Die untersuchten Veredelungen waren 1 Jahr alt, und dem äußeren Anscheine nach sehr gut verwachsen; an der Verwachsungsstelle zeigten sie einen ringsum schließenden Kalluswulst. Die Kallusbildung fällt hier fast ausschließlich dem Kambium zu. Vielleicht ist auch die sekundäre Rinde mitbeteiligt, ich konnte es indessen nicht bestimmt feststellen. Völlig von der Kallusbildung ausgeschlossen ist hier die primäre Rinde und vor Allem auch das Mark, welch letzteres bei einjährigen Reben bereits völlig tote Zellen aufzuweisen pflegt. In den meisten Fällen wird vom Kambium aus ein ziemlich kräftiger Kalluskeil in die Spalte zwischen den Kopulationszungen entsendet; derselbe verwächst jedoch selbstverständlich nie mit dem alten Holze, sondern grenzt sich gegen dasselbe durch eine 4—5 Zellen starke Korklage ab.

Die Verschmelzung der Kambien findet bei sorgfältiger Operation etwa nach 4—6 Wochen statt, im Vergleiche mit den oben beschriebenen Apfelkopulationen also ziemlich spät. Sehr häufig kommt es jedoch vor, daß trotz aller Sorgfalt die Zungen sich verschieben, und an solchen Stellen wird dann die Verschmelzung der Kambien oft sehr verzögert (vergl. Tafel IV, Abb. 9 bei a). Im gleichen Maße wie der Verwachsungsprozeß hier bedeutend langsamer vor sich geht als bei den beschriebenen Apfelkopulationen, scheint auch die Wachstumsenergie nach der Veredelung hier viel mehr geschwächt zu sein als dorten. Der nach der Operation entstehende Jahresring besitzt nur geringe Dicke; im Allgemeinen fällt er auch beim Reis kräftiger aus als bei der Unterlage; der Unterschied ist indessen nicht bedeutend, und wird in den späteren Jahren wieder ausgeglichen. Ganz besonders auffallend unterscheidet sich das Holz des Veredelungsjahres gegen-

über dem alten Holze durch seine auffallend engen Tracheen (vergl. Tafel IV, Abb. 9).

Nicht minder auffallend ist auch hier wieder der eigentümliche Verlauf der Tracheen und Faserstränge in der Verwachsungsregion. Fast durchweg verlassen dieselben ihre normale, also vertikale Richtung, verlaufen eine Strecke weit ganz oder nahezu horizontal nach der Seite, und schlagen dann die ursprüngliche, normale Richtung wieder ein. So kommt es, daß man die Tracheen auf den Querschnitten durch die Veredelungsstelle ganz oder nahezu längs getroffen findet, während sie sich auf einem radialen Längsschnitte quer durchschnitten darbieten (Tafel III, Abb. 7). — Vergl. auch das Kapitel über die Demarkationslinie.

Das alte Holz fand ich hier bei den Rebenveredelungen mehr als bei irgend einer anderen Veredelung durch die Operationswunde in Mitleidenschaft gezogen. Bis zu den nächsten Knoten nach oben und unten sind sämtliche Gefäße dicht mit Thyllen angefüllt, deren Membranen starke Verkorkung aufweisen. Die Thyllen ihrerseits enthalten einen gelbbraunen, homogenen Wundgummi, der sich in Salpetersäure und in Javell'scher Lauge vollständig auflöst. Noch stärker als das Holz ist das Mark mitgenommen, welches ebenfalls bis zu den nächsten Knoten nach oben und unten völlig vermorscht und schwarzbraun gefärbt ist.

Bezüglich der Verteilung von Stärke, Gerbstoff und Calciumoxalatkristallen konnte ich keinerlei Unterschiede zwischen Reis und Unterlage feststellen. - Bei Gelegenheit dieser Untersuchungen habe ich zufälligerweise die Beobachtung gemacht, daß der nach der Sanio'schen Methode durch Kaliumbichromat erzeugte Gerbstoffniederschlag in Javell'scher Lauge löslich ist.

Im folgenden Kapitel lege ich die Resultate einer Reihe von systematisch angestellten Untersuchungen nieder, die ich an Johannisbeer-Kopulationen auf Ribes aureum ausführte. Da mir das Material hierzu jeder Zeit, in beliebiger Menge und in jedem Alter, zur Verfügung stand, war ich in der Lage, eine eigentümliche, schon bei einer 4 Monate alten Verwachsung im Mark auftretende Holzbildung an verschiedenalterigen Objekten weiter zu verfolgen. Ich beginne mit der 4 Monate alten Verwachsung und lasse der Reihe nach die Beschreibung einer 10, 11½, 16 und 30 Monate alten folgen.

Johannisbeere auf Ribes aureum.

4 Monate alte Kopulation.

Die in Untersuchung genommenen Veredelungen waren im August des Jahres 1905 auf einjährige Stämmchen von Ribes aureum kopuliert worden und waren anscheinend sehr gut angewachsen. Im Dezember desselben Jahres, also in einem Alter von 4 Monaten schnitt ich die Veredelungen ab und behandelte die Stücke einige Tage lang mit Alkoholglyzeringemisch, um sie zum Schneiden geeigneter zu machen. In der Voraussetzung, daß die Verkittung der beiden Kopulanten nach dieser kurzen Zeit nur aus sehr dünnwandigem Gewebe bestehe und infolgedessen der Druck der Mikrotomschrauben von schädigendem Einfluß sein könnte, habe ich die zu schneidenden Stücke ohne weitere Vorbereitung, nach gutem Abtrocknen, in Paraffinklötzchen eingeschmolzen. Diese Methode hat sich sehr gut bewährt und ich habe sie im Laufe meiner Untersuchungen mehrfach angewandt, besonders auch dann, wenn es sich darum handelte, dünne Zweige der Länge nach zu schneiden. Auf diese Art habe ich von 8 Objekten Quer- und mediane Längsschnitte durch die ganze Verwachsungsregion hergestellt.

Es zeigte sich, daß die Verwachsung zur Zeit nur durch einen sehr dünnwandigen, homogenen Kallus, welcher Rinden- und Markkörper der Kopulanten mit einander verbindet, hergestellt ist. Hauptsächlich ist es das Mark, und zwar besonders das des Reises, welches an der Kallusbildung teilnimmt, was man an den zahl-

reichen Zellteilungen in demselben beobachten kann. Aber auch die Cambiallagen und die Rinde beteiligen sich natürlich an der Kallusbildung, sodaß zwischen Reis und Unterlage nun ein 0,5 mm dicker, fast nur zu kräftiger Keil von dünnwandigem, undifferenziertem Gewebe vorhanden ist, durch welches die beiden Kopulanten auseinander gedrückt wurden, sodaß die ehemaligen Schnittflächen sich nicht mehr berühren, sondern um ebenfalls 0,5 mm von einander entfernt sind. Es wird sich in der Folge noch zeigen, daß die Dicke des Kalluskeiles, welcher sich natürlich auch zwischen die Holzkörper der beiden Kopulanten zwängt, damit noch nicht ihr Maximum erreicht hat, vielmehr, daß der Kallus mit zunehmendem Alter der Verwachsung noch stärker, und dadurch die Verschmelzung der beiderseitigen Kambien sehr erschwert wird. Daher kommt es auch, daß die Überwallung der Schnittränder durch einen gemeinschaftlichen Holzring erst nach 1—2 Jahren, ja sogar oft noch später vollzogen wird.

Wie oben schon erwähnt, kommt das Mark hauptsächlich als kalluslieferner Faktor in Betracht. Seine direkt unter der Schnittwunde liegenden Zellen beginnen eine rege Teilung, während die durch die Schnittwunde direkt getroffenen Zellen unter Braunfärbung absterben und durch Kork von dem gesunden Gewebe abgeschlossen werden; so entstehen die sowohl auf den Quer-, als auch auf den Längsschnitten sichtbaren, von Kork umgebenen, braunen Nester an der Verwachsungsfläche. In nächster Nachbarschaft dieser Nester nun ist der Kallus nicht mehr ganz homogen, wie ich ihn oben bezeichnete, sondern einzelne seiner Zellen sind zu isodiametrischen Tracheïden mit netzförmiger Wandverdickung umgewandelt und geben schwache Holzreaktion. Nach Küster[1]) ist dieses Auftreten von Tracheïden im Kallus eine häufige Erscheinung, gleichviel ob der Kallus ein Dervivat des Kambiums, der Rinde oder des Markes ist. In vorliegendem Falle, den ich übrigens nicht vereinzelt, sondern bei allen untersuchten Objekten festgestellt habe, sind diese Tracheïden die Anfänge von eigenartigen, maserigen Gebilden, welche sich in der Verwachsungsregion ausbilden und auf die ich bei der Beschreibung der älteren Verwachsungen gleicher Art noch zu sprechen komme.

[1]) E. Küster, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, pag. 164.

An sonstigen Neubildungen ist bei der vorliegenden Veredelung nichts zu konstatieren; neues Holz wurde im Veredelungsjahre nicht mehr erzeugt. Das alte Holz ist an den Schnittstellen auf kurze Strecken gebräunt und seine Elemente von einem gelbbraunen Wundgummi erfüllt, der die Holzreaktion mit Phloroglucin und Salzsäure giebt und sich in Javell'scher Lauge vollständig löst.

In der Rinde ist die Verwachsung spurlos vor sich gegangen; die von dem Schnitt getroffenen, abgestorbenen Rindenzellen sind in den meisten Fällen bereits vollständig resorbiert.

Die Untersuchungen bezüglich der Verteilung der Stärke ergaben das interessante Resultat, daß die Unterlage in allen ihren Gewebepartieen vollständig stärkefrei ist, da ihre Stärke nach den Wurzeln hin abgeleitet wurde. Das Reis jedoch ist sehr reich an Stärke, desgleichen der entstandene Kallus, aber die Weiterleitung über die Verwachsungszone hinaus nach der Unterlage ist völlig unterblieben. Die haarscharfe Grenze zwischen dem sehr stärkereichen Reis und der völlig stärkefreien Unterlage fällt mit dem Kopulationsschnitt zusammen.

Bezüglich der Kristall- und Gerbstoffmengen konnte ich keinen Unterschied feststellen.

Johannisbeere auf Ribes aureum.
10 Monate alte Kopulation.

Die nachstehend beschriebene Veredelung ist dieselbe wie die oben beschriebene, mit dem Unterschiede, daß sie zur Zeit der Untersuchung 10 Monate alt, also 6 Monate älter war als die vorige, und nun (7. Juni 1906) ein kräftig belaubtes Reis besaß. An der Unterlage waren fortwährend sämtliche Knospen entfernt gehalten worden.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß die Kallusbildung immer noch anhält, und der Kalluskeil zwischen Reis und Unterlage derart zugenommen hat, daß er bereits eine Dicke von 1 mm besitzt und deshalb mit bloßem Auge schon gesehen werden kann. Die beiden Kopulanten sind infolgedessen noch weiter auseinander getrieben, und ihre Kambien haben sich noch nicht vereinigt. (Vergl. Tafel VI, Abb. 16.) Wie die jüngeren Objekte, so zeigen natürlich auch diese eine spurlose Verwachsung der Rinden.

Das alte Holz ist direkt an den Schnittstellen abgestorben; es gilt hierfür dasselbe, was ich schon bei den jüngeren Objekten gesagt habe. Das neugebildete Holz wölbt sich an den Schnitträndern ganz schwach vor (vergl. Tafel VI, Abb. 16); seine Elemente sind bei beiden Kopulanten weitlumiger, und besonders die Holzfasern auch dünnwandiger als die des alten Holzes.

Das Mark ist sowohl beim Reis als auch bei der Unterlage, bei ersterem aber stärker an der Kallusbildung beteiligt; seine Zellen sind immer noch in lebhafter Teilung begriffen.

Das auffallendste aber sind die im Markkallus auftretenden, bei den 4 Monate alten Objekten schon beobachteten, zahlreichen Tracheïdengruppen, welche jetzt besonders auf den Längsschnitten (Tafel VI, Abb. 13 m — Tafel VII, Abb. 18 T — Tafel VII, Abb. 19 m) deutlich zu beobachten sind; sie treten teils in Form von Knäueln, teils aber in unverkennbar kreisförmiger Anordnung auf. In letzterem Falle sind in ihrer Begleitung stets auch meristematische Zonen, sowie Reihen von winzig kleinen Calciumoxalatdrusen zu erkennen. (Vergl. Tafel VII, Abb. 18.)

Meine erste Annahme, daß diese meristematischen Zonen die Fortsetzung der normalen Kambien seien, indem diese, um die Schnittränder der Kopulanten umbiegend, in den Markkallus eintreten, hat sich im Laufe meiner Untersuchungen nicht bestätigt. Vielmehr sind es vollständig selbständige Folgemeristeme, welche erst entstehen, wenn die oben erwähnten Tracheïdengruppen zum Teile schon vorhanden sind, deren Entwickelungsgang somit kurz folgender ist: Zuerst entstehen, wie schon bei den 4 Monate alten Kopulationen bemerkt wurde, in dem Markkallus, und zwar längs der ganzen Verwachsungsfläche einzelne Knäuel von fast isodiametrischen Tracheïden (Tafel VII, Abb. 18 T). Anschließend an diese entwickelt sich nun je eine meist kreisförmige meristematische Zone, welche ihrerseits nach außen neue Tracheïden, nach innen aber Elemente des Siebteils bildet. Selbst die für die Rinde von Ribes so charakteristischen, in Reihen angeordneten Calciumoxalatdrusen fehlen nicht (Tafel VII, Abb. 18). Auf diese Art entstehen an der ganzen Verwachsungsfläche eine Anzahl maserartiger Gebilde, welche sowohl auf den Quer- als auch auf den Längsschnitten annähernd Kreisform zeigen (Tafel VII, Abb. 18 Längsschnitt und Tafel VII, Abb. 19 Querschnitt). Daraus muß geschlossen werden,

daß diese Masern, wie ich sie in der Folge kurz bezeichnen werde, kugelförmige Gestalt besitzen, daß sie also gewissermaßen Holzkapseln vorstellen. Über ihren elementaren Aufbau wäre kurz noch hinzuzufügen, daß ihre Tracheïden teils Hoftüpfel, teils netzförmige Wandverdickung besitzen und eine ganz regellose Anordnung zeigen, wie sie eben durch den Charakter und die Gestalt der Masern bedingt wird. Bei der Besprechung der älteren Veredelungen gleicher Art werde ich noch Gelegenheit haben, diesen interessanten Gebilden und ihrer weiteren Entwickelung eingehende Beachtung zu schenken.

An der Verteilung der Stärke hat sich im Vergleich zu den jüngeren Objekten, welche im Dezember abgeschnitten worden waren, nichts geändert. Die Unterlage ist auch jetzt noch sozusagen völlig stärkefrei, und das ist umso auffallender, weil diese Objekte im Juni abgeschnitten wurden, als das Reis seit fast zwei Monaten in voller Belaubung stand. Das Reis zeigt daher auch einen großen Stärkereichtum, derselbe hört aber an der Verwachsungsfläche plötzlich auf; nicht die geringste Menge ist in die Unterlage hinuntergeleitet worden. Der Unterschied ist besonders im Mark sehr auffallend.

Mit den Calciumoxalatdrusen im Mark verhält es sich gerade umgekehrt wie mit der Stärke, indem die Unterlage sehr reich, das Reis aber sehr arm an solchen ist. In der Rinde jedoch, welche durch ihre großen Reihen von dichtgedrängten Drusen charakterisiert ist, läßt sich ein Unterschied zwischen Reis und Unterlage bezüglich der Mengenverhältnisse nicht machen.

Die Gerbstoffverteilung ist eine ziemlich gleichmäßige insofern, als die Zahl der Gerbstoff führenden Zellen bei Reis und Unterlage ungefähr gleich groß ist. Anders aber verhält es sich mit der Dichte des Gerbstoffniederschlages, der, wie früher schon erwähnt, nach der Sanio'schen Methode mittelst Kaliumbichromat erzeugt wurde. Unter Zugrundelegung der von Kutscher[1]) aufgestellten Farbenskala kann mit Leichtigkeit, besonders im Mark, festgestellt werden, daß das Reis mehr Gerbstoff enthält als die Unterlage, denn der Niederschlag ist bei ersterem dunkelbraun, bei letzterer

[1]) Flora 1883.

aber ganz hellbraun; am dichtesten ist der Niederschlag direkt an der Verwachsungsstelle, wo die Zellen mit einem fast schwarzen Inhalte erfüllt sind.

Johannisbeere auf Ribes aureum.
11½ Monate alte Kopulation.

Um die eigentümlichen histologischen Verhältnisse, besonders aber die Weiterentwickelung des im Marke an der Verwachsungsstelle entstehenden Holzes zu verfolgen, untersuchte ich die Johannisbeer-Kopulationen auf Ribes aureum in einem 6 Wochen älteren Stadium wieder.

Herr Müllerklein in Karlstadt besaß ein großes Feld von ca. 20000 dieser Kopulationen, welche alle zu gleicher Zeit hergestellt worden waren und sich prächtig entwickelt hatten, und er stellte mir bereitwilligst zu jeder Zeit das erforderliche Material zur Verfügung. Ich nahm daher am 20. Juli abermals mehrere Exemplare davon in Untersuchung. Dieselbe ergab, was die Verwachsungsvorgänge anbetrifft, im Prinzip vollständig dieselben Tatsachen wie ich sie bei den jüngeren Objekten angetroffen und dort geschildert habe. Ein besonderer Fortschritt in der Verwachsung ist nicht zu konstatieren, denn das nach der Veredelung gebildete Holz überwallt die Kopulationsstelle auch bei diesen Objekten noch nicht; nur bei einem derselben fand ich eine Überwallung, dieselbe erstreckte sich aber nur auf eine kurze Zone und nicht auf die ganze Verwachsungsregion.

Der Zuwachs an neuem Holze hat sich in den 6 Wochen bedeutend gesteigert, im Durchschnitte um das dreifache; es drängt sich an den Schnitträndern um das alte Holz herum.

Der schon bei den jüngeren Kopulationen zwischen dem Reis und der Unterlage reichlich vorhandene Kallus hat sich inzwischen noch vermehrt, und es hat immer mehr den Anschein, als ob er die beiden Kopulanten auseinander drücke und darin auch der Grund zu suchen sei, warum die Kambien derselben noch immer nicht im Zusammenhange stehen. Bei den viel jüngeren Apfelkopulationen, bei denen jedoch diese reichliche Kallusbildung unter-

blieb, habe ich ja in bedeutend kürzerer Frist eine vollständige Überwallung der Schnittlinie durch das neue Holz konstatiert.

Wie bereits erwähnt, verdankt dieser Kallus seine Entstehung zum größten Teile dem Mark des Reises, teilweise, jedoch in minimalen Mengen dem der Unterlage. Ich habe schon bei den jüngeren Kopulationen festgestellt, daß die Markzellen des Reises größtenteils durch eine oder häufig auch durch zwei aufeinander senkrecht stehende Querwände gekammert sind, ein Beweis lebhafter Zellteilung. Das Resultat dieser Teilungstätigkeit zeigt sich nun bei den 6 Wochen älteren Kopulationen mit großer Deutlichkeit. Die damals schon vorhandenen Interzellularräume haben sich bedeutend vergrößert, und die Markzellen selbst bilden fast nur noch einreihige Zellketten, welche diese Interzellularräume umschließen. '(Das Ganze sieht dem Schwammgewebe, wie es bei den Sumpf- und Wasserpflanzen z. Bspl. im Kalmusrhizon vorkommt, täuschend ähnlich.) Bei dieser starken Vermehrung seiner Zellen weicht das Mark natürlich dahin aus, wo es den geringsten Widerstand findet, und das ist die Richtung gegen den anderen Kopulanten. Dort drängen sich nun die Zellen zu einem dichten, interzellularenfreien Gewebe zusammen, welches außerdem auch noch zwischen die beiderseitigen Holzkörper hineingepreßt wird. In dem so entstandenen Markkallus befinden sich nun die, bei den jüngeren Kopulationen schon erwähnten Masern, deren Entstehung schon dort gedacht wurde. Dieselben stehen hier nun in weit üppigerer Fülle, sowohl was ihre Größe, als auch was ihre Zahl anbelangt. Auf einem medianen Längsschnitte ließen sich neun große und sechs kleine Masern erkennen, dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß dieselben nicht nur in der vertikalen, sondern auch in der horizontalen Ausdehnung der Verwachsungsfläche meist dicht aneinander liegen, wie Tafel VII, Abb. 19 zeigt, wo auf einem Querschnitte drei Stück zu sehen sind. Es kämen also für die ganze Verwachsungsfläche unter Zugrundelegung der erwähnten Verhältnisse ca. 30 bis 45 kleinere und größere Masern in Betracht.

Es hat sich bei der Untersuchung auch herausgestellt, daß die Masern nicht ausschließlich, wie ich zuerst annahm, in der Nachbarschaft von abgestorbenen Gewebekomplexen oder um diese

herum entstehen, sondern überall, auch an völlig gesunden Stellen. Die weitaus größere Zahl aber entsteht um abgestorbene Gewebekomplexe herum, und zwar nach allen Richtungen des Raumes, sodaß also das braune, bröckelige Gewebe förmlich von einer Holzkapsel umschlossen wird. Sehr häufig kommt es auch vor, daß die Masern bei weiterem Wachstum miteinander verschmelzen (Tafel VI, Abb. 14), ein Umstand, welchen ich bei noch älteren Kopulationen weiter verfolgen werde.

Über die elementare Zusammensetzung der Masern gilt dasselbe, was ich schon bei den jüngeren Kopulationen gesagt habe: ihre Kambien erzeugen nach innen Elemente des Siebteils mit den der Ribesrinde charakteristischen Reihen von Calciumoxalatdrusen; diese fallen jedoch blos ganz winzig klein aus. Nach außen entstehen kurzgliedrige Gefäße und Tracheïden in oft äußerst grotesker Gruppierung; auch deutlich erkennbare Markstrahlen sind vorhanden.

Wie eingangs schon erwähnt, ist das neu entstandene Holz besonders da, wo die Überwallung nicht zustande kam, um das alte Holz an den Schnitträndern herumgewachsen. Im radialen Längsschnitte durch diese Stellen zeigen die Elemente des herumgewachsenen Holzes äußerst verworrene, maserartige Anordnung.

Was ich bei den früher beschriebenen jüngeren Kopulationen über die Wundgummibildung, den histologischen Unterschied zwischen dem neuen Holze und dem alten, sowie über die gerbstoffführenden Zellen des Markes sowohl des Reises als auch der Unterlage gesagt habe, gilt auch für hier.

Auch über die Verteilung der Stoffe, nämlich Stärke, Kristalle und Gerbstoff ist nur wenig beachtenswertes den früheren Feststellungen hinzuzufügen. Der beträchtliche Unterschied zwischen dem stärkereichen Reis und der fast stärkefreien Unterlage besteht noch fort und ist besonders im Marke sehr auffallend. Immerhin aber ist die Unterlage nicht mehr so absolut stärkefrei wie vor 6 Wochen und früher; es sind jetzt wenigstens kleine Stärkemengen vorhanden. Über die Gerbstoffverteilung ist nichts Neues hinzuzufügen; die größere Ansammlung und Dichte des Gerbstoffniederschlages in der Verwachsungsregion habe ich auch hier konstatiert, desgleichen, daß der Niederschlag beim Reis im allgemeinen dichter war, als bei der Unterlage.

Johannisbeere auf Ribes aureum.
16 Monate alte Kopulation.

Ende November 1906 entnahm ich demselben Felde, welchem die früher untersuchten Ribeskopulationen entstammten, abermals 6 Stück zur Untersuchung. Sie waren also nun 16 Monate alt, somit 4½ Monate älter als die zuletzt untersuchten. Alle zeigten äußerlich eine vorzügliche Verwachsung, mäßige Anschwellung an der Kopulationsstelle und waren den Sommer über kräftig belaubt gewesen.

Da der Achsendurchmesser inzwischen, infolge bedeutender Zunahme des Holzkörpers viel größer geworden war, war die Herstellung von übersichtlichen Querschnitten mit ziemlicher Schwierigkeit verbunden; nach längerem digerieren der Objekte mit verdünntem Glycerin im Vakuum gelang es mir jedoch, größere Schnitte zu erhalten, an welchen die Verwachsungsvorgänge in übersichtlicher Weise zu erkennen waren.

Untersucht habe ich 6 Objekte und gefunden, daß das Verwachsungsprinzip mit den an dem jüngeren Material gemachten Beobachtungen vollständig übereinstimmt.

Eine Vereinigung der neugebildeten Holzkörper hatte nach 11½ Monaten noch nicht stattgefunden, und zwar anscheinend aus dem Grunde, weil durch die starke Kallusbildung im Mark die beiden Kopulanten sehr stark auseinander gedrückt wurden. Hier bei den 16 Monate alten Kopulationen beträgt die Entfernung der ehemaligen Schnittflächen von einander 2—3 mm.

Durch die immer stärker werdende Vorwölbung des neuen Holzes über die Schnittränder ist es jedoch nach 16 Monaten nun soweit gekommen, daß die Holzwülste miteinander verschmolzen sind. Hand in Hand hiermit ging natürlich auch die Verschmelzung der beiderseitigen Kambien, sodaß jetzt, nach beinahe anderthalb Jahren endlich die völlige Überwallung eingetreten ist. Es tritt bei dieser Gelegenheit natürlicherweise die Frage auf, wo während dieser ganzen Zeit die Leitung des Wassers an der Verwachsungsstelle vor sich gegangen ist, und in Beantwortung dieser Frage wird die Aufmerksamkeit besonders auf die eigenartigen Gebilde gelenkt, welche ich schon bei den jüngeren Kopulationen an der Verwachsungsstelle im Marke beobachtet und Masern genannt

habe. Besonders der letzteren wegen habe ich die Veredelung in diesem um 4 Monate älteren Zustande nochmals in Untersuchung genommen. Ihre Form war bei den 10 Monate alten Kopulationen rund, d. h. sie hatten, wie damals schon erwähnt, die Gestalt kugeliger Kapseln, welche meist in ihrem Innern abgestorbenes, bröckeliges Gewebe enthielten. Bei den 11½ Monate alten Kopulationen war schon eine Tendenz zur Verschmelzung dieser Masern zu konstatieren, indem sie sich hier bereits eng berührten und die Gestalt von Ellipsen angenommen hatten, deren Längsdurchmesser in der Richtung der Verwachsungsfläche lag. Wie sich nun bei den 16 Monate alten Objekten zeigt, findet tatsächlich eine Verschmelzung der Masern statt oder hat schon stattgefunden. Die Verschmelzung erstreckt sich aber nicht nur auf die Masern unter einander, sondern auch zwischen ihnen und den an den Schnitträndern nach innen vorgewölbten Holzwülsten hat eine solche stattgefunden. Die Masern sind natürlich inzwischen auch nicht auf ihrer früheren Entwickelungsstufe stehen geblieben, sondern haben, da sie mit Kambien ausgestattet sind, fortdauernd nach innen Elemente des Siebteils und nach außen Elemente des Holzteils, letztere in grotesker, maseriger Gruppierung erzeugt. Ihre Entwickelung ist auch keine gleichmäßige, sondern auf der dem Reise zugekehrten Seite wird bedeutend mehr Holz erzeugt als auf der Seite der Unterlage; das Verhältnis ist wie 4 : 1, wobei 4 = 1—1,5 mm ist.

Durch die Verschmelzung der Masern sind nun zwei Holzleisten entstanden (vergl. Tafel VI, Abb. 15 Längsschnitt und Tafel VI, Abb. 17 Querschnitt), welche rechts und links von der Verwachsungsfläche, mit dieser parallel im Marke verlaufen und teilweise auch mit dem nach der Operation entstandenen, um die Schnittränder herumwallenden Holze in Verbindung stehen.

Wie aus Obigem hervorgeht, sind die Masern und infolgedessen auch die aus denselben hervorgehenden Leisten auf der Seite des Reises bedeutend dicker als auf der Seite der Unterlage. Auf die beiden Holzleisten folgt nach innen das Parenchym, welches von den Folgekambien nach innen zu gebildet wurde und durch seine längs verlaufenden Reihen von Oxalatdrusen ausgezeichnet ist. An der Verwachsungsfläche selbst aber befindet sich ein fast durchgehender schmaler Spalt, der ein Band von braun gefärbten,

abgestorbenen, in ihrer Form nicht mehr erkennbaren Zellen in sich schließt, welche die Überreste des zuerst entstandenen Verkittungsgewebes (Kallus) vorstellen; letzteres ist nun, nachdem im Holzkörper die völlige Überwallung stattgefunden hat, zu Grunde gegangen. Durch einen ziemlich starken Kork wird das gesunde Gewebe gegen den Spalt resp. das tote Gewebe abgegrenzt.

Bezüglich der Dickenzunahme der beiden Kopulanten habe ich schon äußerlich die Beobachtung gemacht, daß das Reis durchweg in diesem Altersstadium dicker ist als die Unterlage. Dasselbe bestätigten auch die Querschnitte durch die Verwachsungsstelle; es zeigte sich dabei, daß der Unterschied durch eine stärkere Holzentwickelung am Reis hervorgerufen wird. (Vergl. Tafel VI, Abb. 17, R = Reis, U = Unterlage; bei v-v die Verwachsungsstelle.) Während der Holzzuwachs der Unterlage an derjenigen Stelle, welche gleichweit von beiden Schnitträndern entfernt ist, 0,5 mm beträgt, besitzt das Reis an der entsprechenden Stelle 4—5 mm Holzzuwachs. Dieser Unterschied läßt sich noch in großer Entfernung von der Veredelungsstelle nach oben und unten verfolgen und bleibt anscheinend überhaupt bestehen; ich habe die Messungen bis 20 cm nach beiden Richtungen verfolgt. Durch Vergleichung mit unveredeltem Material versuchte ich festzustellen, ob Johannisbeere überhaupt raschwüchsiger ist als Ribes aureum, konnte aber keinen wesentlichen Unterschied in der Stärke der entsprechenden Jahresringe konstatieren. Es kann somit blos eine gewisse Unterernährung der Unterlage durch Assimilate als Ursache dieser Erscheinung in Betracht kommen. Daß eine solche, wenigstens bis zu diesem Alterszustande stattgefunden hat, haben ja die Stoffverteilungsresultate der früher beschriebenen, jüngeren Veredelungen gezeigt.

Die Holzbildung ist aber auch an verschiedenen Stellen der einzelnen Kopulanten verschieden stark, nämlich an den Schnitträndern stets stärker als anderwärts, eine Erscheinung, die schon an den jüngeren Kopulationen zu beobachten war, deren ich aber noch nicht eingehend Erwähnung tat. Die Unterschiede sind an den Querschnitten mit Leichtigkeit schon mit bloßem Auge zu erkennen. (Vergl. Tafel VI, Abb. 17.) Der Unterschied in der Stärke des neugebildeten Holzes am Wundrande und der am weitesten von demselben entfernten Stelle verhält sich teilweise wie 5 : 1,

d. h. auf den vorliegenden Querschnitt übertragen: Der neue Jahresring ist am Schnittrande 2,5 mm stark, nimmt dann allmählich ab, bis er am entferntesten Punkte blos eine Dicke von 0,5 mm besitzt, um dann gegen den zweiten Schnittrand zu wieder bis 2,5 mm zuzunehmen.

Bezüglich der Stärkeverteilung ist von besonderer Bedeutung, daß bei sämtlichen Objekten in diesem Altersstadium gleiche Mengen im Reis und der Unterlage nachgewiesen werden konnten. Dadurch unterscheiden sich diese Objekte wesentlich von den jüngeren, bei welchen vor Allem das Mark der Unterlage von der Verwachsungsstelle an fast ganz stärkefrei war. Daraus folgt, daß trotz noch so günstiger Verkittung mittelst Kallus, dennoch keine Ernährungsgemeinschaft zwischen Reis und Unterlage zustande kommt, solange nicht die Kambien der Kopulanten verschmolzen sind und gemeinsame Holz- und Rindenringe ausbilden.

Johannisbeere auf Ribes aureum.
Dreijährige Kopulation.

Um zu sehen, ob die eigentümliche Holzbildung im Marke dieser Johannisbeerveredelungen noch weiter fortschreitet, nahm ich nun noch einige dreijährige Exemplare in Untersuchung; dieselben waren im August 1903 veredelt worden und wurden im November 1906 von mir abgeschnitten. Ein Teil derselben zeigte am unteren Rande der Verwachsungsstelle eine auffallend starke, sackförmige Anschwellung, und bei Allen war der Umfang des Reises beträchtlich größer als der der Unterlage.

Die Objekte bedurften einer sehr langen Behandlung mit Glycerin im Vakuum, bevor sie zum Schneiden geeignet waren.

Wie die angefertigten Querschnitte zeigten, ist die Überwallung nun durchweg gründlich zustande gekommen.

Die beiden früher beschriebenen Holzleisten im Mark sind nun fast durchweg zu einer Leiste vereinigt, welche wie eine Wand das Mark der Unterlage von dem des Reises trennt. Das früher zwischen den beiden Leisten vorhanden gewesene, dünnwandige Parenchym (Siebteil), ist bis auf wenige, unscheinbare Inselchen

verschwunden. Wie aus den Längsschnitten ersichtlich ist, nimmt die Dicke der stark maserigen Leiste von oben nach unten beträchtlich zu; über ihre elementare Struktur ist dem früher gesagten nichts Neues mehr hinzuzufügen.

Da es sich bei den vorbeschriebenen, in fünf verschiedenen Altersstadien untersuchten Johannisbeerveredelungen um eine Anormalität handelt, die jedoch nicht zufällig und vereinzelt, sondern regelmäßig bei Tausenden von gleichartigen Kopulationen auftritt, so möchte ich den Entwickelungsgang der eigenartigen Holzbildung im Marke an der Verwachsungsstelle noch einmal übersichtlich zusammenfassen.

Vorausschicken will ich noch einmal, daß sämtliche Kopulationen entgegen der allgemeinen Regel nicht im Frühjahr, sondern im August gemacht wurden; diese Notiz ist deswegen wichtig, weil die Zeit der Ausführung der Operation mir die Ursache der anormalen Verwachsung zu sein scheint.

Ich untersuchte die ersten Objekte an Weihnachten, also vier Monate nach der Veredelung und fand, daß noch keine Verwachsung der Kambien stattgefunden hatte, daß aber eine 0,5 mm dicke Kallusschicht die Verbindung zwischen Reis und Unterlage herstellte. An der Erzeugung dieses Kallus war neben der Rinde und dem Kambium ganz besonders das Mark beteiligt und zwar das des Reises in stärkerem Maße als das der Unterlage; zahlreiche Zellteilungen bewiesen ferner, daß die Kallusbildung noch fortgesetzt wurde. Als ich im darauffolgenden Juni abermals mehrere Objekte untersuchte, zeigte sich, daß der Kallus nun eine Dicke von 1 mm besaß, daß aber, weil die Kopulanten immer mehr auseinander getrieben wurden, die Verbindung der Kambien immer noch nicht hergestellt war. Das unterdessen neu entstandene Holz überwallte daher die Schnittstelle nicht, sondern bildete an den Schnitträndern kleine Überwallungswülste. Im Mark beider Kopulanten waren unterdessen große, wahrscheinlich rhexigene Interzellularräume entstanden, während der aus dem Mark hervorgegangene Kallus ein fast interzellularenfreies Gewebe bildete. Bei näherer Untersuchung zeigte sich, daß der Kallus nicht mehr vollständig homogen war, sondern daß einzelne seiner Zellen durch

nachträgliche Verdickung und Verholzung den Charakter von isodiametrischen Tracheïden angenommen hatten. Kleine Gruppen solcher Tracheïden stellten sich allmählich längs der ganzen Verwachsungsfläche im Kallus ein. In der Peripherie dieser Tracheïdengruppen traten nun Folgemeristeme auf, welche sich allmählich zu kleinen Kreisen zusammenschlossen und nach außen kurzzelliges Holz, sowie nach innen Elemente des Siebteils bildeten. Da die so entstandenen Gebilde auf Quer- und Längsschnitten stets Kreisform zeigten, so muß ich annehmen, daß sie in Wirklichkeit Kugelform besaßen. An den Objekten, welche ich zwölf Monate nach der Veredelung untersuchte, war die ganze Verwachsungsfläche von zahlreichen derartigen Masern besetzt, deren Kambien fortwährend mehr Holz erzeugten; letzteres blieb aber stets kurzzellig. Bei weiterer Verfolgung dieser merkwürdigen Erscheinung zeigte sich, daß der Durchmesser der Masern in der Richtung der Verwachsungsfläche größer wurde, nicht aber in horizontaler Richtung d. h. die Masern wurden elliptisch und mit der Zeit öffneten sie sich, um schließlich miteinander zu verschmelzen. Bei den Objekten, welche ich sechszehn Monate nach der Veredelung untersuchte, war das Holz der einzelnen Masern zu zwei, mit der Verwachsungsfläche parallel laufenden Leisten von außerordentlich maseriger Struktur verschmolzen. Zwischen den beiden Leisten befanden sich die ebenfalls zu einer kontinuierlichen Schicht verschmolzenen Siebteile. Der Kallus, welcher ursprünglich in den Masern eingeschlossen war, wurde allmählich erdrückt und bildete schließlich ein braunes morsches Gewebe, welches nun nach Verschmelzung der Masern als braune Linie längs der Verwachsungsstelle erkennbar ist. — —

Das durch die normale Kambiumtätigkeit neuentstandene Holz hatte auch unterdessen an den Schnitträndern der beiden Kopulanten immer stärkere Überwallungswülste gebildet, die sich etwa zwölf bis dreizehn Monate nach der Veredelung nun soweit genähert hatten, daß sie sich vereinigten und so die vollständige Schließung der Verwachsungsstelle in der Peripherie herstellten. In dieselbe Zeit fällt ungefähr auch die Verschmelzung der Masern. Ich untersuchte nun noch eine Anzahl dreijähriger Veredelungen und fand, daß sich die beiden aus den Holzmasern hervorgegangenen Holzleisten zu einer einzigen Leiste vereinigt hatten, die

möglicherweise noch längere Zeit oder für immer persistiert, während von einem Siebteil und von abgestorbenem Kallus nichts mehr zu sehen war.

Da es sich bei der vorbeschriebenen Holzbildung im Markkallus nicht um eine einzelne, sondern um eine bei den untersuchten Johannisbeerkopulationen regelmäßig vorhandene Erscheinung handelt, muß angenommen werden, daß diesen Masern eine physiologische Bedeutung zukommt, und ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich ihnen die Funktion der Wasserleitung an der Verwachsungsstelle zuschreibe. Zu dieser Annahme berechtigt besonders der Umstand, daß die Überwallung der Verwachsungsstelle durch das neue Holz erst nach einem Jahre zustande kommt und infolgedessen die Kontinuität der Wasserleitungsbahn während dieser Zeit fehlt. Ob diese Funktion nach stattgefundener Überwallung weiter bestehen bleibt, muß ich dahingestellt sein lassen.

Ich habe eingangs schon erwähnt, daß diese Erscheinung jedenfalls ihre Ursache darin hat, daß die Veredelungen erst im August vorgenommen wurden, als die Holzbildung, wenn nicht schon ganz aufgehört hatte, so doch mindestens ihrem Ende zuneigte; infolgedessen konnte im Veredelungsjahre kein neues Holz mehr um die beiden Kopulanten gelegt werden. Bis zum Beginn der nächsten Vegetationsperiode aber hatte der stark entwickelte Kallus die beiden Kopulanten soweit auseinander getrieben, daß das neue Holz die breite Kluft nicht gleich überwallen konnte.

II. Die Geissfusspfropfung.

Wie eingangs schon erwähnt, ist die Geißfußpfropfung nur eine Modifikation der Kopulation. Sie kommt zur Anwendung, wenn das Reis dünner ist als die Unterlage, so vor Allem beim Pfropfen auf die Wurzel oder den Wurzelhals, dann aber auch beim Umpfropfen älterer Bäume. Bei der Ausführung wird die Unterlage zuerst quer abgeschnitten, und dann ein keilförmiges,

nach unten sich verjüngendes Segment seitlich aus ihr herausgenommen; in diesen Ausschnitt wird dann das ebenfalls seitlich keilförmig zugeschnittene Reis hineingesetzt, sodaß die Rinden- und Kambiallagen genau aufeinander passen, und das Ganze mit Bast verbunden. Die Methode unterscheidet sich also von der Kopulation vor Allem dadurch, daß nur ein kleiner peripherer Teil der horizontal abgeschnittenen Unterlage von dem Reis bedeckt wird, während der übrige Teil unbedeckt bleibt und mit Baumwachs verschmiert werden muß. Die entsprechenden Gewebepartieen von Reis und Unterlage kommen hier nur mit verhältnismäßig geringen Flächen in Berührung und müssen deshalb umso genauer aufeinander gepaßt werden. Nichts destotrotz aber ist diese Veredelungsmethode sehr beliebt und liefert bei sorgfältiger Arbeit äußerst günstige Verwachsungsresultate.

Was die Kallusbildung anbelangt, so gelten für diese Veredelungsmethode dieselben Bedingungen wie für die Kopulation. Kambium und sekundäre Rinde kommen in erster Linie in Betracht, die primäre Rinde in manchen Fällen, und das Mark natürlich nur dann, wenn es noch lebende, unverholzte Zellen besitzt und überhaupt angeschnitten ist. Letzteres ist bei dem Reis ja fast immer der Fall, bei der Unterlage jedoch nur dann, wenn die Markröhre einen großen Durchmesser hat und der Holzkörper schwach ist. Bei dicken, stark holzigen Unterlagen geht der keilförmige Ausschnitt meist nicht weiter als durch die äußersten Jahresringe. In solchen Fällen käme das Mark auch gar nicht mehr als kalluslieferndes Faktor in Betracht, selbst wenn es angeschnitten sein sollte.

Die Verwachsung selbst vollzieht sich auch bei dieser Methode sehr rasch. Die Kambien sind meist nach 6 Wochen schon miteinander verschmolzen, worauf sofort die Holzbildung an den Schnittstellen beginnt. Die eigenartige, mitunter fast horizontale, schon bei den Kopulationen besprochene Orientierung der Zellen des Verbindungskambiums bewirkt auch hier, daß alle aus diesem hervorgegangenen Elemente eine fast horizontale Orientierung erhalten, was natürlich besonders im Holzkörper auffällt. (Vergl. Tafel II, Abb. 3 und 4 und Tafel III, Abb. 6.) Ganz auffallend stark ist diese Erscheinung da, wo infolge besonders günstiger

Bedingungen (bei Ampelopsis) sehr viel Kallus erzeugt, und dadurch das Reiskeilchen etwas aus der Spalte hinausgepreßt wurde, sodaß die Kambialschichten des Reises und der Unterlage gegeneinander verschoben wurden. Diese Hinauspressung des Reises durch den Kallus scheint mir hier auch fast ausschließlich der Grund des anormalen Verlaufes der Elemente an der Verwachsungsstelle zu sein, weshalb auch die Erscheinung bei schwacher Kallusbildung (Robinia) viel weniger ins Gesicht springt als bei starker (Ampelopsis). (Vergl. Tafel II, Abb. 4 und Tafel I, Abb. 1, desgleichen das Kapitel über die Demarkationslinie.)

Über das Verhalten des Reises und der Unterlage nach der Operation ist folgendes zu bemerken: Während bei der Kopulation gewissermaßen eine vollständige künstliche Correlation vollzogen, der von der Unterlage entnommene Teil also vollständig durch einen morphologisch gleich beschaffenen anderen Teil ersetzt wird, geschieht dies bei der Pfropfung nicht in gleichem Maße. Der abgeschnittene Teil der Unterlage wird hier wohl durch einen morphologisch gleichwertigen, aber nicht völlig gleich beschaffenen Teil ersetzt. Das Reis ist hier dünner als die Unterlage, kann also nicht in einer Geraden die Fortsetzung derselben bilden wie dies bei der Kopulation der Fall ist, sondern die Längsachse verschiebt sich mehr oder weniger nach der Seite, weil die Einfügung des Reises in der Peripherie der Unterlage stattfindet. Demnach müssen die Elemente, welche nach der Operation neu entstehen, schon naturgemäß an der Veredelungsstelle eine Abschwenkung erfahren. Interessant ist nun die Holzproduktion an der Pfropfstelle und deren nächster Umgebung. Die reichlichste Holzbildung findet am Reise statt und zwar, wie aus den speziellen Ausführungen noch ersichtlich sein wird, an den Schnitträndern derselben. Dasselbe gilt für die Unterlage, sodaß also der neuentstehende Holzring an der Verwachsungsstelle am dicksten ist. (Vergl. Tafel I, Abb. 1 und Tafel II, Abb. 4.) Manchmal kommt es auch vor, daß bei der Unterlage in einiger Entfernung von den Verwachsungsstellen die Holzbildung ganz aufhört, sodaß auf der der Pfropfstelle gegenüber liegenden Seite der Unterlage, und zwar in einer Vertikalausdehnung, welche der Länge des Pfropfkeilchens entspricht, zeitlebens kein neues Holz mehr erzeugt wird. (Vergl. Ampelopsis Tafel II, Abb. 4 und 5.)

Ampelopsis Veitchii auf Ampelopsis hederacea.

5 Monate alte Geißfußpfropfung.

Das untersuchte Material waren Geißfußpfropfungen von einjähriger Ampelopsis Veitchii auf Stecklingen von zweijähriger Ampelopsis hederacea, welche im Februar 1906 hergestellt und in Töpfen aufgezogen worden waren. Als ich sie im Juli desselben Jahres zur Untersuchung abschnitt, waren sie kräftig gediehen, ca. 50 cm hoch und reich beblättert.

Ich studierte den Stand der Verwachsung an zahlreichen Quer- und Längsschnitten von fünf Objekten und lege in Folgendem den durchschnittlichen Befund nieder. Im Prinzip fand ich die Verwachsung bei allen Objekten gleich. Da bei Ampelopsis sowohl das Reis, als auch die Unterlage eine breite Rinde und ein kräftiges Mark, andererseits aber nur einen relativ schmalen Holzkörper besitzen, so wurde durch die Pfropfschnitte fast blos lebendes Rindengewebe getroffen, wodurch äußerst günstige Bedingungen für eine gute und rasche Verwachsung gegeben waren. Zudem war in den meisten Fällen das Reis so zugeschnitten, daß, wenigstens in der oberen Hälfte des Pfropfkeilchens der Holzkörper überhaupt nicht getroffen wurde. An der Kallusbildung waren mit Ausnahme des Holzkörpers alle Gewebepartieen beteiligt, also die primäre und sekundäre Rinde, das Kambium und, soweit es angeschnitten war auch das Mark sowohl der Unterlage als auch des Reises. Es war deshalb auch durchweg bei allen Objekten die Verwachsung sehr schön vor sich gegangen. Da wo der Holzkörper angeschnitten war, sind natürlich dessen Elemente stets eine kurze Strecke weit gebräunt und mit Wundgummi angefüllt.

In der Rinde sind die Spuren der Verwachsung überhaupt nicht mehr zu erkennen. Das Reis, welches zur Zeit der Operation wahrscheinlich noch keinen Kork besaß, ist jetzt nach außen durch einen solchen abgeschlossen; derselbe erstreckt sich auch noch über die Schnittränder hinaus in die Unterlage, deren Kork an den Wundrändern eine Strecke weit abgehoben ist.

Auf der ganzen Verwachsungsfläche hat sich ein dünnwandiger Kallus gebildet, dessen Zellen jetzt aber kaum noch von dem sie

umgebenden Rinden- und Markparenchym zu unterscheiden sind. In diesem Kallus wurde die Verbindung der Kambien des Reises und der Unterlage hergestellt, indem die Kalluszellen, angeregt durch die beiderseits angrenzenden Kambien der beiden Kopulanten, sich durch perikline Wände teilten.

Die Zellen des entstandenen Verbindungskambiums unterscheiden sich in der Form nicht von denen des normalen Kambiums, wohl aber in ihrer Orientierung, denn ihre Längsausdehnung liegt in der Horizontalebene, also senkrecht zu der Längsachse des Objektes. (Soweit dies bei derartig dünnwandigen Elementen möglich ist, wird es auf Tafel II, Abb. 3 bei v photographisch wiedergegeben.) Demgemäß sind natürlich auch die aus diesem Kambium hervorgegangenen Elemente ebenfalls horizontal orientiert. Bei der Rinde fällt dies natürlich nur wenig auf, zumal da prosenchymatische Elemente an dieser Stelle noch nicht ausgebildet wurden. Beim Holze dagegen, das sich größtenteils aus langgestreckten Elementen aufbaut, präsentieren sich letztere auf einem Querschnitte durch das Objekt ausnahmslos in ihrer Längsrichtung getroffen. (Vergl. Tafel II, Abb. 4, ferner die Stelle a daselbst bei stärkerer Vergrößerung auf Tafel II, Abb. 3.)

Auch auf den Längsschnitten kommt diese Erscheinung sehr schön zum Ausdruck. (Vergl. Tafel III, Abb. 6.) Es zeigt sich dort, daß die vom Verbindungskambium erzeugten Holzelemente als genau horizontal verlaufende Brücke die nach der Operation neuentstandenen, aber vertikal verlaufenden Holzelemente des Reises und der Unterlage miteinander verbinden.

Über diesen eigentümlichen Verlauf der Elemente an der Verwachsungsstelle will ich mich hier nicht des weiteren auslassen; ich verweise darauf, daß die Erscheinung vollständig dieselbe ist, wie bei den Kopulationen. In dem am Schlusse meiner Ausführungen eingefügten besonderen Kapitel über die Demarkationslinie habe ich versucht, diese bei allen Veredelungen mehr oder minder auftretende Merkwürdigkeit histologisch zu erklären.

Ihrer histologischen Beschaffenheit nach sind sowohl die von dem Verbindungskambium, als auch die von den normalen Kambien nach der Operation erzeugten Holzelemente von denen des alten

Holzes kaum unterschieden; der Wundholzcharakter kommt blos in dem schwach welligen Verlauf zum Ausdruck, während eine besondere Kurzgliederigkeit der Gefäße oder ein Unterschied in der Weite und Anzahl derselben nicht zu konstatieren ist.

Der Holzzuwachs beträgt am Reis in der Mitte des Keilchens durchschnittlich 0,1—0,2 mm, an den Schnitträndern immer mehr, nämlich 0,3—0,6 mm. Fast ebenso stark ist die Holzvermehrung der Unterlage direkt an den Schnitträndern, nämlich 0,4—0,5 mm; von dort aus nimmt sie jedoch immer mehr ab und wird schon in einer Entfernung von etwa 2 mm ganz eingestellt. (Vergl. Tafel II, Abb. 4.) Die Messungen wurden an den Schnitten von 6 Objekten ausgeführt, und die angegebenen Zahlen sind die Mittelwerte von 12 Messungen. — Aus dem Gesagten ist also ersichtlich, daß auf der Seite der Unterlage, welche der Pfropfstelle gegenüberliegt, nach der Operation kein weiteres Holz gebildet wird. Ob dieser Zustand anhält, werde ich an älterem Material zu beobachten suchen.

Die verminderte Kambialtätigkeit der Unterlage äußert sich auch noch in folgendem Umstande: Direkt nach der Operation werden nämlich statt der gewöhnlichen Holzelemente von dem Kambium ausschließlich dünnwandige, völlig unverholzte Parenchymzellen gebildet, etwa 5—8 Lagen, dann erst werden wieder Gefäße, Fasern und verholzte Holzparenchymzellen erzeugt.

Was das alte, durch den Schnitt verletzte Holz des Reises und der Unterlage anbetrifft, so habe ich oben schon erwähnt, daß blos die in nächster Nähe der Wunde liegenden Gewebeelemente abgestorben und durch Wundgummi verstopft sind; eine weitergehende Schädigung der Gewebe ist nicht erkennbar.

Stärke findet sich in den Geweben des Reises und der Unterlage gleich viel. Kristalle finden sich in der äußeren Rindenpartie der Unterlage sehr zahlreich als große Drusen, weiter innen gegen das Holz zu, besonders in den Markstrahlen treten zahlreiche, in Schleim eingebettete Raphidenbündel auf. Dieselben liegen fast ausnahmslos horizontal. Im Reis liegen nur vereinzelt kleinere Raphiden, dagegen mehr Drusen; letztere sind jedoch kleiner als die der Unterlage und in der inneren Rindenpartie zu Längsreihen angeordnet.

Ampelopsis Veitchii auf Ampelopsis hederacea. 9 Monate alte Geißfußpfropfung.

Um die bei den oben beschriebenen fünf Monate alten Veredelungen gleicher Art festgestellten Verwachsungsvorgänge, besonders aber die Entwickelung des Holzkörpers beim Reis und bei der Unterlage weiter zu verfolgen, untersuchte ich die gleichen, im Februar hergestellten Pfropfungen in einem Alter von neun Monaten wieder, nämlich im November. Sie waren unterdessen in den Töpfen geblieben und wurden Mitte Oktober in das Kalthaus gestellt. Die Höhe von 50 cm, welche schon von den fünf Monate alten Exemplaren erreicht war, wurde von den neun Monate alten nur wenig übertroffen; die meisten der letzteren waren 50—60 cm hoch. Das Laub war inzwischen abgeworfen worden.

Untersucht habe ich auch hiervon 6 Exemplare; da aber die Befunde bei allen übereinstimmend waren, so kann ich mich auf die Beschreibung der durchschnittlichen Verhältnisse beschränken, resp. einfach das heraus heben, was diese neun Monate alten Objekte von den fünf Monate alten unterscheidet. Alles was über die histologischen Verhältnisse der letzteren, insbesondere über die Orientierung der Kambiumzellen und der aus denselben hervorgegangenen Holzelemente, sowie über die Tätigkeit des Kambiums der Unterlage gesagt wurde, bestätigte sich auch bei den vorliegenden Objekten. Es wäre also hier nur festzustellen, wie die Weiterentwickelung des Holzes und der Rinde vor sich geht, und da ist nun die Unterlage von besonderem Interesse. Vorausgeschickt muß werden, daß die Holzbildung am Reis normal bleibt, wie sie früher schon war, von der stärkeren Entwickelung an den Wundrändern abgesehen. Im Durchschnitte beträgt der Holzzuwachs seit vier Monaten in der Mitte des Reiskeilchens 0,2 mm und an den Rändern 0,3 mm, seit der Operation also im Ganzen 0,4 mm in der Mitte und 0,8 mm an den Rändern. (Vergl. Tafel II, Abb. 5.) In der weiter unten beigefügten Tabelle sind die diesbezüglichen Unterschiede leichter ersichtlich. Was die Weiterentwickelung des Holzkörpers bei der Unterlage anbetrifft, so hat sich schon bei den jüngeren Veredelungen gezeigt, daß das Kambium eine beschränkte Tätigkeit entfaltet hat, und daß die Holzbildung mit zunehmender Entfernung vom Wundrande immer geringer wurde, um

schließlich ganz eingestellt zu werden, sodaß auf der der Pfropfstelle gegenüber liegenden Seite überhaupt kein neues Holz seit der Veredelung gebildet worden war. An diesen um 4 Monate älteren Veredelungen zeigt es sich nun, daß obige Verhältnisse bestehen bleiben. Die Neubildung von Holzelementen ist auch hier beschränkt auf das Reis und denjenigen Teil der Unterlage, der an die Verwachsungsflächen grenzt; 2 mm in horizontaler Richtung von den letzteren entfernt wird an der Unterlage neues Holz nicht mehr erzeugt, und die normalen Verhältnisse setzen erst wieder 1 cm unterhalb der Einsatzstelle des Pfropfkeilchens ein.

Beifolgend möge nun eine Tabelle den Holzzuwachs des Reises und der Unterlage bei den fünf und neun Monate alten Objekten in vergleichender Weise veranschaulichen.

1. Reis.

	nach **fünf** Monaten	nach **neun** Monaten
in der Mitte . . .	0,1—0,2 mm	0,4 mm
an den Rändern .	0,3—0,5 mm	0,8 mm

2. Unterlage.

Entfernung von den Wundrändern	nach 5 Monaten	nach 9 Monaten
0	0,4—0,5 mm	0,4—0,5 mm
½ mm	0,3 mm	0,3 mm
1 mm	0,1 mm	0,1 mm
1,5 mm	0,1 mm	0,1 mm
2 mm	—	—

Es wird aus Vorstehendem also ersichtlich, daß die Holzbildung beim Reise an den Rändern am stärksten ist, ferner, daß die Unterlage auf der dem Pfropfkeilchen gegenüber liegenden Seite kein Holz mehr erzeugt; die höchste Produktion ist schon bei den fünf Monate alten Objekten erreicht.

Auf der der Pfropfstelle gegenüber liegenden Seite hat der Holzkörper der Unterlage eine bedeutende tangentiale Dehnung erfahren und da er keinen weiteren Zuwachs erhielt, ist er zur Zeit auch bereits sehr schmal geworden. (Vergl. Tafel II, Abb. 5.) Der

Grund dieser starken Dehnung ist jedenfalls in der lebhaften Vermehrung der Markzellen zu suchen, denn zur Zeit meiner Untersuchungen waren fast alle Markzellen in lebhafter Teilung begriffen.

Dieselbe lebhafte Teilung fand zur gleichen Zeit auch in der Rinde der Unterlage statt, aber es war auch hier zu beobachten, daß die Teilungstätigkeit der Rindenparenchymzellen in der Nähe der Verwachsungsstellen mit dem Reis intensiver war, als an den der Pfropfstelle gegenüber liegenden Partien; demgemäß war auch die Rinde an den Verwachsungsstellen am stärksten, wie Messungen ergeben haben doppelt so breit als an den der Pfropfstelle gegenüber liegenden Partien. Die Rindenbildung steht also mit der Holzbildung im gleichen Verhältnis.

Bezüglich der Stoffverteilung (Stärke, Gerbstoff und Oxalatkristalle) konnte kein Unterschied zwischen Reis und Unterlage gemacht werden.

Robinia pseudacacia var. Bessoniana auf Wurzel von Robinia pseudacacia.

4 Monate alte Geißfußpfropfung.

Die unter Nachstehendem beschriebene Veredelung wurde mittelst des Geißfußschnittes hergestellt, und zwar wurde im März 1906 ein einjähriges Reis von Robinia pseudacacia var. Bessoniana auf eine zweijährige, kräftige Wurzel von Robinia pseudacacia gepfropft. Am 20. Juli desselben Jahres, also in einem Alter von etwas über vier Monaten, habe ich die Veredelung, welche äußerlich bereits den Eindruck einer vorzüglichen Verwachsung machte, in Untersuchung genommen. Die Wurzel hatte an der Veredelungsstelle einen Durchmesser von 2 cm, und das Reis, welches mäßig beblättert war, hatte an der Ansatzstelle einen Durchmesser von 9 mm.

Um den Stand der Verwachsung zu studieren, stellte ich zahlreiche Querschnitte in verschiedener Höhe durch die Verwachsungsstelle her, da bei Geißfußpfropfungen die Längsschnitte nur schwer übersichtliche Bilder abgeben. Die Querschnitte in den oberen Regionen, wo also der Keil des zugespitzten Reises sehr dick ist, zeigten, daß das alte Holz des Reises durch die Operation stark gelitten hat; zum Teil ist es erhalten und seine Elemente

sind nur stark gebräunt, zum Teil ist es jedoch vollständig ausgebröckelt und an seiner Stelle befindet sich ein mehr oder minder großer Hohlraum.

Auch das Holz der Unterlage hat durch den tiefen Einschnitt, welcher zum Zwecke der Einfügung des Reises an ihm vorgenommen wurde, sehr gelitten, und zwar nicht blos längs der Schnittflächen, sondern auch weit hinein, besonders in der oberen Region, wo die Kante des keilförmigen Ausschnittes bis an die Rinde der entgegengesetzten Seite reicht.

Aber auch ganz unten, wo durch den Ausschnitt nur der äußere der beiden Jahrringe getroffen wird, ist der schädigende Einfluß der Verwundung bis in das Mark hinein zu verfolgen, wovon weiter unten noch die Rede sein wird.

Da wo der alte Holzkörper angeschnitten oder durch den Einschnitt gesprengt ist, haben sich die Spaltenränder stellenweise mit einem sehr dünnwandigen, weitlumigen, verkorkten Gewebe bedeckt, welches bestrebt ist, den Spalt auszufüllen. (Vergl. Tafel I, Abb. 2.) Da aber das ganze, an den Spalt angrenzende Gewebe aus älterem Holze besteht, welches sich aus Gefäßen, Tracheïden, Holzfasern und Holzparenchym zusammensetzt, ist die Entstehung besagten Gewebes nicht ohne weiteres klar, denn die einzigen für die Kallusbildung eventuell in Betracht kommenden Elemente wären die Holzparenchymzellen. In der Tat sind es auch die letzteren, welche sich an den Spaltenrändern zwar nicht geteilt, aber infolge des Wundreizes stark hypertrophisch entwickelt haben.

Die Gefäße der Unterlage (Wurzel), und zwar nicht nur die in nächster Nachbarschaft der Spaltenränder, sondern auch die entfernter liegenden, sind von verkorkten Thyllen verstopft. Hierbei muß betont werden, daß die Gefäße des Wurzelholzes von Robinia normalerweise thyllenfrei sind, während bekanntlich die Gefäße des Stammholzes mit Ausnahme deren des jüngsten Splintes auch in völlig unverletztem Zustande von Thyllen verstopft sind. Im ersten Augenblicke glaubte ich nun, daß die eigenartigen Zellen in dem Spalte mit diesen Thyllen im Zusammenhange ständen, denn Molisch[1]) hat eine Teilung der Thyllen gerade bei Robinia, wenn

[1]) H. Molisch, Zur Kenntnis der Thyllen, nebst Beobachtungen über die Wundheilung in der Pflanze. (Sitzungsbericht der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien 1888.)

auch nur als Ausnahmefall nachgewiesen. Der Umstand, daß die dünnwandigen Zellen ebenfalls wie die Thyllen verkorkt sind, brachte mich dem Gedanken nahe, wenngleich Molisch die Beteiligung der Thyllen an der Kallusbildung bezweifelt.

Auch die Fasern und die Holzparenchymzellen sind in der Nachbarschaft der Spalten mit verkorkten Lamellen ausgekleidet. (Die Reaktion wurde mit Sudan III gemacht.)

Auffallend ist, wie rasch sich bei dieser Veredelung ein das Reis und die Unterlage gemeinsam umschließender Holzkörper gebildet hat. Letzterer ist am stärksten beim Reise und direkt an der Verwachsungsstelle, während er an der Unterlage nur sehr unbedeutend ist im Vergleiche zu dem starken vorjährigen Holzring. An der Übergangsstelle vom Reis zur Unterlage sind die Elemente auf eine kurze Strecke horizontal orientiert, wenn auch nicht so stark wie bei der Ampelopsispfropfung.

Eine eigentümliche Erscheinung ist an der Grenze zwischen dem alten und dem nach der Veredelung neu gebildeten Holze an der Unterlage zu beobachten. Das Kambium hat nämlich nach der Operation eine kurze Zeit lang keine Gefäße und Fasern, sondern nur sehr dünnwandige Parenchymzellen (6 Lagen) ausgebildet, deren Membranen keine Verholzung zeigen. Es geschah dies aber nicht nur in der Nähe der Wunde, sondern auf dem ganzen Umkreise; die Erscheinung ist in der Unterlage noch 2 cm von der Verwachsungsstelle abwärts zu verfolgen. Nach dieser kurzen Periode beschränkter Tätigkeit, setzt das Kambium mit seiner früheren Kraft wieder ein und bildet wieder dieselben Elemente wie früher, mit dem Unterschiede, daß Holzparenchym in reicherem Maße erzeugt wird. Am Reis ist eine Beschränkung der Kambialtätigkeit nicht zu konstatieren.

Wenn schon im Holze ein so enger Zusammenschluß der Elemente des Reises und der Unterlage stattfindet, so ist es in der Rinde natürlich erst recht der Fall. Die alten Rindenkörper sind vollständig miteinander verwachsen und durch die beiderseits vereinigten Kambien wird auch bereits eine gemeinsame neue Rinde erzeugt. Die für die Rinde von Robinia eigentümlichen, zahlreichen, in Tangentialreihen angeordneten und von Calciumoxalatkristallen begleiteten Bastfaserbündel werden an der Über-

gangsstelle in senkrechter Anordnung zur Längsachse des Objektes erzeugt, sodaß sie auf dem Querschnitte längs getroffen sind.

In der Verteilung der Stoffe besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Reis und der Unterlage; da das Reis sich auch erst kurz bevor das Objekt abgeschnitten wurde, belaubt hatte, so ist es wohl erklärlich, daß nicht viel Stärke in den Geweben abgelagert ist. Am meisten befindet sich in den Markstrahlen und den Parenchymzellen des neugebildeten Holzes, sehr wenig in dem zweiten Jahresring der Unterlage und gar keine in dem ersten Jahresring und dem Mark derselben. Diese progressive Zunahme des Stärkegehaltes von innen nach außen beweist jedenfalls deutlich, daß die Zuleitung zu den während des Winters entleerten Gewebepartieen von der Peripherie (Rinde) her wieder beginnt, und daß die Abwärtswanderung der Stärke an der Verwachsungsstelle nach vollständiger Überwallung der Pfropfstelle keinen Widerstand erfährt (vergl. Ribes). Gerbstoff ist sowohl im Reis als auch in der Unterlage nur in minimalen Mengen vorhanden, nämlich blos in einzelnen Zellen des Markes und der Rinde.

Bezüglich des Gehaltes an Calciumoxalatkristallen konnte ich keine Unterschiede feststellen.

Robinia pseudacacia var. Bessoniana auf Wurzel von Robinia pseudacacia.

8 Monate alte Geißfußpfropfung.

Von der oben beschriebenen, im März 1906 veredelten Robinie untersuchte ich Ende November desselben Jahres abermals einige Exemplare. Diese waren also nun 8 Monate alt und hatten eine volle Vegetationsperiode hinter sich.

Das auffälligste an den zahlreich angefertigten Querschnitten ist die außerordentliche Dickenzunahme der Veredelung. Die Dickenzunahme beschränkt sich aber fast ausschließlich auf das Reis und die Verwachsungsstelle, während die Unterlage seit der Operation nur sehr wenig in die Dicke gewachsen ist. (Vergl. Tafel I, Abb. 1.) Der neue Jahresring der Unterlage ist nicht nur blos $^1/_3$ so stark als deren vorigjähriger, sondern auch blos $^1/_5$ so stark als der zu gleicher Zeit vom Reis gebildete Holzkörper. Die

Messungen des Holzzuwachses nach der Veredelung ergaben folgende Durchschnittsmaße:

am Reis	4	mm
an der Verwachsungsstelle . .	3,5	„
an der Unterlage (durchschnittl.)	0,7	„
„ „ „ im Vorjahre .	2,5	„

Dieser gewaltige Unterschied zwischen dem Reis und der Unterlage, der ja in geringerem Maße schon bei der um 4 Monate jüngeren Veredelung zu beobachten war, läßt sich nicht ohne weiteres erklären, denn, wie die Beobachtungen der Stoffverteilung bei den jüngeren Objekten gezeigt haben, findet die Wanderung der Assimilate ungestört statt, und auch bei diesen Objekten fand ich eine vollständig gleichmäßige Verteilung von Stärke im Reis und in der Unterlage. Eine Unterernährung der Unterlage (Wurzel) durch Assimilate dürfte demnach wohl kaum in Betracht kommen. Ob aber die durch die Operation erzeugte Verwundung an der Erscheinung schuld ist, muß ich dahingestellt sein lassen, denn davon werden das Reis und die Unterlage ja in ziemlich gleichem Maße betroffen. Jedenfalls wird auch in diesem Falle bestätigt, was ich bei allen Pfropfungen und Kopulationen beobachtet habe, nämlich, daß im Veredelungsjahre das Reis stärker in die Dicke wächst als die Unterlage.

Was ich bei der Beschreibung der jüngeren Robinienpfropfungen über das Absterben der älteren, durch die Operation verletzten Gewebeteile gesagt habe, gilt auch für diese älteren Objekte. Auffallend war speziell an einer der Veredelungen, daß das Mark des Reises, welches frei in den Spalt hineinragt, nicht abgestorben ist.

Daß die Gefäße der Unterlage, welche in der Nachbarschaft des Spaltes liegen, von verkorkten Thyllen verstopft sind, habe ich auch hier festgestellt.

Die an den jüngeren Veredelungen beobachtete Reduktion der Kambiumtätigkeit an der Unterlage ist hier nicht mehr zu konstatieren.

Bezüglich der Verteilung von Stärke, Gerbstoff und Oxalatkristallen gilt dasselbe, was schon bei den jüngeren Veredelungen erwähnt wurde. Der relativ größer erscheinende Stärkegehalt der Unterlage ist dadurch zu erklären, daß die Unterlage als Wurzel mehr Holzparenchym besitzt als das Reis.

III. Die Okulation.

Es lag ursprünglich nicht in meiner Absicht, meine Untersuchungen auch auf die Okulation auszudehnen, zumal da die histologischen Vorgänge bei derselben von Sorauer[1]) schon eingehend erörtert wurden. Um mich aber über die Verwachsungsvorgänge aus eigener Anschauung und vergleichender Weise zu instruieren, habe ich doch eine Anzahl von Okulationen in Arbeit genommen, wobei mir eine ziemlich weitgehende Beteiligung des Splintes an der Gewebeneubildung auffiel, sodaß ich es für angebracht halte, darüber an dieser Stelle noch kurz zu berichten, wobei ich aber die übrigen Verwachsungserscheinungen als bekannt voraussetze und aus diesem Grunde übergehe.

Ich habe meine Untersuchungen an Stachelbeer- und Crataegus-Okulationen gemacht und in allen Fällen beobachtet, daß beim Abheben der Rindenlappen ein Teil des jungen Splintholzes an denselben hängen blieb. Sowohl dieser abgehobene, als auch der stehen gebliebene Splint entfalteten nun gleich nach der Operation eine lebhafte Zellteilung, an welcher die Markstrahlzellen und das Holzparenchym beteiligt waren. Das Produkt dieser Tätigkeit sind aber keine dünnwandigen, vergänglichen Kalluszellen, sondern ein dauerhaftes, holzparenchymatisches Gewebe, wie es von Sorauer ebenfalls schon beobachtet worden ist.[2]) Auf Tafel V, Abb. 12 ist diese Erscheinung in photographischer Wiedergabe sehr deutlich zu erkennen. H ist das stehengebliebene, Sp das an dem Rindenlappen haften gebliebene Splintholz; von beiden Seiten aus wurde das oben genannte Kittgewebe gebildet. In der Mitte bei a trafen sich die Gewebepolster und sind zum Teil schon miteinander verschmolzen.

Eine ganz analoge Erscheinung habe ich nun an dem Edelauge beobachtet, wenn die Okulation mit Holz vorgenommen wurde, wie dies bei den Crataegus-Okulationen geschah. Auch hier hatte der Splint des Rindenschildchens und der Splint der Unterlage dasselbe Gewebe erzeugt, eine Erscheinung, welche meines Wissens

[1]) Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 2. Auflage. Berlin 1886. Band I, pag. 676 u. f.

[2]) Sorauer, l. c., pag. 679.

bis jetzt noch nicht festgestellt wurde. Bekanntlich wird in der Praxis das Okulieren „mit" und „ohne" Holz geübt, d. h. manche Züchter belassen an dem Rindenschildchen des Edelauges etwas Holz, andere dagegen entfernen solches möglichst vollständig. Beide Methoden haben ihre Vorteile. Die Okulation mit Holz bürgt dafür, daß das zu dem Auge führende Gefäßbündel mit Sicherheit erhalten bleibt, was die Hauptbedingung für eine erfolgreiche Okulation ist. Die Methode erfordert also weniger Geschick als die andere, bei welcher alles Holz sorgfältig entfernt wird, wobei jedoch darauf zu achten ist, daß das Gefäßbündel dennoch erhalten bleibt. Der Vorzug dieser Okulation „ohne" Holz besteht nach Angabe der Züchter in einer rascheren und ausgiebigeren Kallusbildung, was ja auch verständlich ist, denn hierbei werden die Kambiumzellen und teilweise auch die Zellen der sekundären Rinde auf der Innenfläche des Schildchens blosgelegt. Wie sich nun aber bei meinen Okulationen zeigte, ist eine Kallusbildung zum Zwecke der Vereinigung von Rindenschildchen und Unterlage nicht absolut notwendig. Es kann auch hier genau wie in den seitlichen Winkeln unter den Rindenlappen direkt aus dem jugendlichen Splinte des Rindenschildchens und der Unterlage ein dauerhaftes, holzparenchymatisches Kittgewebe entstehen, durch welches die Verwachsung direkt hergestellt wird. Grundbedingung ist jedoch, daß die dem Schildchen anhaftende Holzlage nicht zu dick ist, und daß sich das Holz der Unterlage sowohl, als auch der das Edelauge liefernden Pflanze noch in Vermehrung befindet. Sind nur die Splintzellen des Schildchens, nicht aber auch die der Unterlage teilungsfähig oder umgekehrt, dann kann eine Verwachsung auf diese Art nicht zustande kommen. Durch Tafel V, Abb. 11 werden die Verhältnisse an einer Crataegus-Okulation „mit Holz" deutlich veranschaulicht. U ist die Unterlage, E das Edelauge, an welchem noch ein Teil des Splintes belassen wurde. Bei v sind die seitlichen Ränder des Rindenschildchens. Sp sind die mit den Rindenlappen abgehobenen Splinte. Der ganze Raum sowohl in den seitlichen Winkeln, als auch zwischen dem Rindenschildchen und der Unterlage ist mit dem jeweils von beiden Seiten her gebildeten, holzparenchymatischen Kittgewebe ausgefüllt, das in allen Fällen seine Entstehung dem Splinte verdankt. Die der Unterlage in einiger Entfernung vorgelagerten kleinen, hellgefärbten

Nester sind die Überreste der durch die Operation direkt verletzten Zellen. Dieselben sind in Wirklichkeit braun gefärbt, auf dem Präparat jedoch hell, weil der Schnitt längere Zeit mit Eau de Javelle behandelt worden war.

Durch das vom Splinte erzeugte Kittgewebe kommt also, wie aus obigem ersichtlich ist, lediglich ein Anwachsen des Rindenschildchens an die Unterlage zustande. Die eigentliche Verwachsung und Herstellung der Ernährungsgemeinschaft bleibt auch hier dem Kallus vorbehalten, der an den seitlichen Rändern des Rindenschildchens und von den Rindenlappen der Unterlage in hinreichend genügender Menge erzeugt wird, um in ihm die Verbindung der beiderseitigen Kambien zu vollziehen. Erst damit ist dann die Verwachsung perfekt, ein Ziel, das jedoch meist erst im kommenden Frühjahre erreicht wird. Auf Tafel V, Abb. 11 ist dies bei v rechts bereits der Fall, während bei v links die Verschmelzung der Kambien noch nicht stattgefunden hat.

IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

a. Welche Gewebepartieen können sich bei der Verwachsung von Reis und Unterlage an der Kallusbildung beteiligen?

Von Duhamels[1]) Zeit an war man sich darüber klar, daß die Verbindung von Reis und Unterlage durch ein sog. „Kittgewebe" oder Kallus besorgt wird, an dessen Herstellung aber das Holz nicht beteiligt ist. Es dauerte indessen noch lange, bis die Herkunft des Kittgewebes genau festgestellt war. Göppert[2]) hat lediglich die Markstrahlen, Trécul[3]) alle jungen Gewebepartieen als kalluliefernde Faktoren angesehen. Durch Sorauer[4]) und in

[1]) Duhamel du Monceau. La physique des arbres. Paris 1758. T. II, p. 65.

[2]) Göppert, Über die bisher ungekannten Vorgänge beim Veredeln der Bäume (Sitzungsber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur, 24. I. 1876).

[3]) Trécul, Accroisement des végétaux dicotylédonés ligneux. Ann. d. scienc. nat. Serie III. Tome 19, pag. 165.

[4]) Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 2. Aufl. Berlin 1886. Bd. I.

neuester Zeit durch Küster[1]) wurde diese Frage eingehend behandelt und besonders durch letzteren in allen wesentlichen Punkten klargelegt, sodaß also nun feststeht, daß durch Verwundung alle lebendigen Bestandteile der bloßgelegten Gewebe zu Wachstum und Teilung angeregt werden, soweit ihre Membranen nicht verholzt sind; als teilweise Ausnahme von dieser Regel erwähnt Küster die Holzparenchymzellen, welche durch Wundreiz zwar zum Wachstum, nicht aber zur Teilung angeregt werden.

Es erübrigt mir deshalb in der Hauptsache zu erwähnen, daß die Küster'schen Angaben auch bei der Veredelung ihre Bestätigung finden. Kambium und sekundäre Rinde sind als wichtigste kalluslieferndе Faktoren anzusehen, während die primäre Rinde häufig, jedoch nicht immer in Betracht kommt. Bei Pflanzen, welche zur Zeit der Operation noch lebende Markzellen besitzen, nehmen diese, zumal bei der Kopulation, sehr lebhaft an der Kallusbildung teil, wie ich dies bei Johannisbeerkopulationen sehr deutlich nachgewiesen habe.

Bezüglich des Verhaltens der Holzparenchymzellen bin ich im Verlaufe meiner Untersuchungen zu folgenden Resultaten gekommen: Die Fähigkeit derselben, durch Wundreiz zum Wachstum angeregt zu werden, fand ich in deutlichster Weise bei Robinienpfropfungen bestätigt, wo die an den Pfropfspalt angrenzenden Holzparenchymzellen durch hypertrophische Entwickelung das Vielfache ihrer normalen Größe angenommen hatten (Tafel I, Abb. 2). Doch auch auf Teilungen von schwach verholzten Holzparenchymzellen bin ich gestoßen (vergl. pag. 22). Es hat sich gezeigt, daß das Mark der Apfelzweige aus zweierlei Zellen besteht, nämlich aus dickwandigen, stark verholzten und dünnwandigen, schwach verholzten. Letztere sind durch den Wundreiz zu wiederholter Teilung angeregt worden; das Produkt war jedoch kein gewöhnlicher Kallus, sondern ein holzparenchymatisches Gewebe, dessen Zellen ebenfalls schwache Verholzung zeigten.

Bezüglich der Beteiligung der Thyllen an der Kallusbildung habe ich nur negative Befunde gemacht. Die sowohl bei Robinia, als auch bei Vitis beobachteten Thyllen waren stets verkorkt und in keinem Falle mehr als einzellig. Die Angabe Stoll's, der an

[1]) Küster, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903. pag. 157 u. f.

Passiflora quadrangularis eine Beteiligung der Thyllen an der Kallusbildung beobachtet haben will, wird sowohl von Küster[1]) als auch von Molisch[2]) angezweifelt.

Eine von der gewöhnlichen Kallusbildung abweichende heteroplastische Gewebeneubildung habe ich bei verschiedenen Okulationen beobachtet. Wie schon von Sorauer[3]) festgestellt wurde, bleibt beim Abheben der Rindenlappen an diesen fast immer ein Teil des jüngsten Splintes hängen, und von diesem abgehobenen und dem stehengebliebenen Splinte wird nun sehr häufig direkt ein dauerhaftes, holzparenchymatisches Gewebe erzeugt, welches die Winkel ausfüllt. Diese Gewebebildung unter Umgehung des vorläufigen Verschlusses durch Kallus habe auch ich an fast sämtlichen untersuchten Okulationen festgestellt. (Vergl. Tafel V, Abb. 12). Doch nicht allein hier in den seitlichen Winkeln ist diese Erscheinung zu beobachten, sondern auch an den Stellen, wo das Rindenschildchen mit einer dünnen Lage anhaftenden Splintes auf der Unterlage sitzt. Ich habe eine ganze Anzahl Crataegus-Okulationen „mit Holz" untersucht und konstatiert, daß das „Anwachsen" des Schildchens an der Unterlage in solchen Fällen fast ausschließlich von dem jungen Splinte besorgt wird, während nur zum Zwecke der Kambienverbindung an den seitlichen Rändern des Schildchens etwas Kallus erzeugt wird.

b. Wann tritt normalerweise die Ernährungsgemeinschaft zwischen Reis und Unterlage ein?

Die Verkittung von Reis und Unterlage zerfällt, wie aus Vorstehendem ersichtlich ist, in eine „vorläufige" und eine „dauernde". Die vorläufige Verkittung wird durch den zarten Kallus besorgt, während die definitive Verwachsung durch Verschmelzung der Kambien und daraus resultierende gemeinsame Holz- und Rindenbildung der Kopulanten erreicht wird. Mit dem Eintritt dieses Zustandes ist die Verwachsung perfekt und die Ernährungsgemein-

[1]) Küster, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903. pag. 163.

[2]) Molisch, Zur Kenntnis der Thyllen etc. (Sitzungsbericht d. Akademie der Wiss. Wien 1888. Bd. XCVII, Abt. I.)

[3]) Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 2. Auflage. Berlin 1886. Bd. I, pag. 679.

schaft zwischen Reis und Unterlage hergestellt. Der zuerst entstandene Kallus geht hierauf zu Grunde. Bei guten Kopulationen und Geißfußpfropfungen tritt, wie aus meinen speziellen Ausführungen ersichtlich ist, die Ernährungsgemeinschaft sehr bald nach der Operation ein. In der Regel dauert es nicht länger als 4 Wochen, und zwar scheint es mir umso rascher zu gehen, je mehr die Kallusbildung auf das notwendigste beschränkt ist. Zu reichliche Kallusbildung treibt trotz festen Verbandes die Kopulanten auseinander und verzögert so die Kambiumverschmelzung.

Solange die Verbindung zwischen den Kopulanten nur aus Kallus besteht, wird die durch das Reis assimilierte Stärke nicht in die Unterlage weitergeleitet, sondern staut sich im Reis an. Ob auch der Transpirationsstrom eine Verzögerung erfährt, konnte ich leider nicht feststellen. Die Weiterleitung der Stärke vom Reis über die Verwachsungsstelle hinaus zur Unterlage setzt mit dem Momente wieder ein, wo durch den allseits geschlossenen Kambiumring die gemeinsame Holz- und Rindenbildung beginnt. Weniger deutlich war im großen und ganzen der Unterschied in der Verteilung der übrigen leicht nachweisbaren Zellinhalte, nämlich des Gerbstoffs und der Calciumoxalatkristalle. In den meisten Fällen war sowohl vor, als auch nach dem Eintritt der Ernährungsgemeinschaft der Gehalt an diesen Stoffen, soweit er mikrochemisch festgestellt werden kann, in Reis und Unterlage gleich. Dieser Umstand, läßt sich jedenfalls dahin erklären, daß sowohl Gerbstoff, als auch Calciumoxalat Ablagerungsstoffe sind, welche nicht mehr weiter verbraucht werden, während die Stärke an den Orten ihrer Aufbewahrung mit der Zeit aufgezehrt wird. Zur Zeit der Veredelung waren nun jedenfalls Reis und Unterlage annähernd gleich an Stärke-, Gerbstoff- und Kristallgehalt. Bis zur definitiven Verwachsung, d. h. also bis zum Eintritt der Ernährungsgemeinschaft, wurde aber nichts vom Reis aus über die Verwachsungsstelle hinaus weitergegeben; die Unterlage war somit auf sich selbst angewiesen, sie verbrauchte ihre Stärke, nicht aber den Gerbstoff und das Calciumoxalat. So kommt es, daß die sehr stärkearme Unterlage sich von dem stärkereichen Reis zumal bei der Jodreaktion sehr deutlich abhob, jedoch das Plus des Reises an Gerbstoff und Calciumoxalat gegenüber der Unterlage mikrochemisch nur wenig oder gar nicht zu erkennen war.

Vom Eintritt der definitiven Verwachsung an konnten anscheinend alle Stoffe die Verwachsungsstelle ungehindert passieren; ob jedoch die Geschwindigkeit der Leitung von oben nach unten und umgekehrt irgendwie beeinträchtigt wird, darüber konnte ich mir leider keine Aufklärung verschaffen.

c. Holzmasernbildungen im Markkallus bei Johannisbeer-Kopulationen.

(Tafeln VI und VII).

Die auf Seite 41 eingehend beschriebenen Holzbildungen im Markkallus bei Johannisbeerkopulationen sind, wie ich an jener Stelle schon bemerkte, aller Wahrscheinlichkeit nach die direkte Folge einer stark verzögerten definitiven Verwachsung, und diese ihrerseits wieder die Folge der zu unrichtiger Jahreszeit vorgenommenen Veredelung. In der Regel werden die Kopulationen im Frühjahr gemacht, und ich habe auch bei allen um diese Zeit vorgenommenen Kopulationen jeglicher Art nach kurzer Zeit eine perfekte Verwachsung vorgefunden. Die beschriebenen Johannisbeerkopulationen waren jedoch alle im August gemacht worden, also zu einer Jahreszeit, in welcher die Holzbildung gewöhnlich schon ihrem Ende zuneigt, und es konnte deshalb im Veredelungsjahre kein Zusammenschluß der Kambien stattfinden; der bis zum nächsten Frühjahre sehr reichlich entstandene Kallus hatte aber die beiden Kopulanten derart auseinander getrieben, daß auch zu dieser Zeit die definitive Verwachsung noch nicht eintreten konnte. Erst im Laufe des Sommers oder manchmal auch erst im zweiten Jahre nach der Veredelung trat dann die Verschmelzung der Kambien und damit die gemeinsame Holz- und Rindenbildung ein.

Inzwischen hatte aber in der Peripherie des Holzkörpers, also im wasserleitenden Splinte keine Kommunikation zwischen den beiden Kopulanten bestanden, und es liegt deshalb die Vermutung nahe, daß durch die längs der Verwachsungsstelle entstehenden, runden, später miteinander verschmelzenden Masern die physiologische Funktion der Wasserleitung während dieser Zeit übernommen wird. Da das Material, welches die Richtigkeit meiner Vermutung eventuell bestätigen soll, nämlich die Frühjahrskopu-

lationen, erst hergestellt werden mußten und zur Zeit des Abschlusses meiner Arbeit noch nicht zur Untersuchung geeignet waren, mußte ich darauf verzichten, die interessante Erscheinung weiter zu verfolgen. Die Untersuchungen werden jedoch im Botanischen Institut der Universität Würzburg unter Leitung des Herrn Professor Dr. Kraus noch weiter geführt werden.

d. Beschaffenheit und anormale Orientierung der Elemente an der Verwachsungsstelle und die Göppert'sche Demarkationslinie.

Da die Verwachsung von Reis und Unterlage in der Hauptsache als Wundheilungsprozeß anzusehen ist, so müssen auch die in ihrem Gefolge auftretenden Erscheinungen größtenteils als Wundreizwirkungen angesehen werden. Dieselben machen sich insbesondere bei den nach der Operation gebildeten Gewebearten, besonders aber im Holze deutlich bemerkbar, und in den meisten Fällen trägt das gesamte im Veredelungsjahre entstehende Holz einen ausgeprägten Wundholzcharakter, welcher im darauffolgenden Jahre wieder verschwindet.

Durch die bedeutsame Arbeit von De Vries[1]) ist der histologische Aufbau des Wundholzes bereits völlig aufgeklärt. Die von De Vries unterschiedenen Formen, wie kurzzelliges (primäres) und langzelliges (sekundäres) Wundholz treten auch bei der Veredelung in Erscheinung. Es ist hierzu nur zu bemerken, daß das kurzzellige Wundholz, welches also lediglich aus Holzparenchymzellen besteht, fast ausschließlich auf die Okulation beschränkt ist, wo dasselbe in den Spalten zwischen Rindenlappen und Unterlage fast regelmäßig auftritt. Die langzellige Wundholzform ist diejenige, welche in dem im Veredelungsjahre entstehenden Jahresringe bei Pfropfungen und Kopulationen vorherrscht. Der Wundreiz macht sich meist insofern geltend, als ein größerer Reichtum an Holzparenchymzellen und eine geringere Weite der Tracheen vorherrscht. Die Wirkung ist auch nicht bei allen Individuen gleich groß. So z. Bspl. ist bei den Johannisbeerkopulationen das Holz des Veredelungsjahres nur ganz unmerklich von dem alten Holze in obigem

[1] De Vries. Über Wundholz. Flora 1876. Bd. LIX. pag. 2.

Sinne verschieden, während bei der Rebenveredelung das neue Holz mit seinen engen Tracheen ganz außerordentlich auffällt. (Vergl. Tafel IV, Abb. 9 und Tafel VI, Abb. 16.) Die Wirkung macht sich meist nicht über das Veredelungsjahr hinaus geltend: örtlich erstreckt sie sich aber nicht nur auf die Verwachsungsstelle selbst, sondern macht sich noch in größerer Entfernung mindestens bis zu dem nächsten Knoten bemerkbar.

Neben der elementaren Beschaffenheit des nach der Veredelung entstehenden Holzes, ist es in zweiter Linie die Orientierung seiner Elemente, welche die Aufmerksamkeit auf sich lenkt. Diese erstreckt sich nur auf die Verwachsungsstelle selbst, bleibt aber durch alle nach der Veredelung entstehenden Jahresringe erhalten und ruft in ihrer Gesamtheit jene Erscheinung ins Leben, welche Göppert[1] mit dem Namen innere Demarkationslinie bezeichnet hat. Ich bin nun in der Lage, zur anatomischen Charakterisierung dieser Demarkationslinie an der Hand meines Untersuchungsmaterials einige Beiträge zu liefern.

Für das Zustandekommen einer definitiven Verwachsung ist, wie schon verschiedentlich hervorgehoben wurde, eine Verschmelzung der beiderseitigen Kambien unumgänglich notwendig. Nun ist man ja gewiß bei der Ausführung der Operation immer sorgfältig darauf bedacht, daß das Kambium des Reises möglichst genau auf das der Unterlage gepaßt wird. Aber abgesehen von allen anderen Möglichkeiten, welche noch hinzukommen können, wird es wohl höchst selten der Fall sein, daß der Kambiumzylinder des Reises wirklich die geometrische Verlängerung desjenigen der Unterlage bildet. Stets wird der eine etwas enger oder etwas weiter sein als der andere, wie ich dies durch genaue Messungen an 100 Kopulationen festgestellt habe, bei denen Reis und Unterlage an der Verwachsungsstelle äußerlich die gleiche Dicke hatten. Die Ursache ist darin zu suchen, daß bei gleicher äußerlicher Dicke zweier Kopulanten Rinde und Holzkörper derselben nur höchst selten analoge Dickenverhältnisse aufweisen. Die Folge davon ist, daß das im Kallus entstehende Verbindungskambium eine schwach diagonale bis horizontale Richtung einschlagen muß, um die

[1] Göppert, Über innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher. Cassel 1874. pag. 3.

Kommunikation herzustellen. So aber wie die Kambiumzellen einmal orientiert sind, werden auch alle aus ihnen hervorgehenden Elemente orientiert sein und daher kommt es, daß man an der Verwachsungsstelle auf Querschnitten die Elemente teilweise längs, und auf Längsschnitten teilweise quer getroffen findet. (Vergl. Tafel II, Abb. 3, 4 und 5 — Tafel III, Abb. 6, 7 und 8 — Tafel VI, Abb. 17.) Die Erscheinung tritt umso stärker zu Tage, je mehr Kallus an der Verbindungsstelle erzeugt wurde, je größer also die Verbindungsstrecke ist, welche zwischen den Kambien der Kopulanten herzustellen ist.

Doch noch eine zweite Ursache scheint nach meinen Beobachtungen an dieser merkwürdigen Orientierung der Elemente mitzuwirken. Die Lösung des Verbandes erfolgt sehr oft zu einer Zeit, wo das die Verkittung bildende Gewebe noch nicht die nötige Festigkeit besitzt, aber die Verbindung der Kambien schon hergestellt ist. Nun macht sich die Schwerkraft des beblätterten Reises bemerkbar, indem sich dieses ein wenig senkt, d. h. an der schiefen Kopulationsfläche abrutscht. Dasselbe geschieht bei Geißfußpfropfungen, wo das Reiskeilchen außerdem auch oft etwas aus der Pfropfspalte herausgetrieben wird. Durch diese gegenseitige Verschiebung des Reises und der Unterlage, wird natürlich auch das Kambium aus seiner vertikalen Richtung verschoben und es tritt dieselbe Erscheinung ein, wie sie oben beschrieben wurde.

Lebenslauf.

Ich FRIEDRICH SCHMITTHENNER wurde geboren am 25. Mai 1876 zu Bergzabern (Pfalz) als Sohn des kaiserl. Gerichtsvollziehers Johann Friedrich Schmitthenner und dessen Gemahlin geb. Humbert, und bin von evangelischer Konfession.

Von meinem 6. Lebensjahre an besuchte ich die Lateinschule zu Lauterburg i. E., später das Gymnasium zu Schlettstadt i. E. und erhielt im Jahre 1893 das Zeugnis für Obersekunda. Auf Wunsch meiner Eltern widmete ich mich dem Apothekerberuf, welchen ich bei den Herren Apothekern E. Barth in Offenburg und A. Schröder in Straßburg-Ruprechtsau erlernte. Nach dreijähriger Konditionszeit besuchte ich die Technische Hochschule zu Karlsruhe und bestand an derselben nach einem Studium von 3 Semestern das Staatsexamen mit Note I. Hierauf war ich während 8 Semestern Assistent bei Herrn Professor Dr. Klein am botanischen Institute der Technischen Hochschule zu Karlsruhe. Im Wintersemester 1905/06 bezog ich die Universität Würzburg, wo ich am botanischen Institute unter Leitung des Herrn Professor Dr. Kraus in drei Semestern meine Promotionsarbeit anfertigte.

Während meines Studienganges besuchte ich die Vorlesungen und Übungen der Herren Professoren Bunte, Dieckhoff, Engler, Klein, Lehmann und Schwarzmann in Karlsruhe, sowie der Herren Professoren Beckenkamp, Dürr, Gürber, Lehmann, Merkle, Pauly, Roettecken, Schell, Schultze, Stölzle, Tafel und Weygandt in Würzburg. Allen meinen hochverehrten Lehrern gestatte ich mir, an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Die mündliche Prüfung fand am 1. Juli 1907 statt.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I, Abb. 1. Querschnitt durch die Pfropfstelle einer 9 Monate alten Robinienpfropfung. Bei v die Verwachsungsstellen.

Tafel I, Abb. 2. Hypertrophische Entwickelung der an den Pfropfspalt angrenzenden Holzparenchymzellen von Robinia pseudacacia.

Tafel II, Abb. 3. Ampelopsis-Pfropfung (Geißfuß). Querschnitt durch die Verwachsungsstelle. Bei R das Holz des Reises, bei U das der Unterlage. An der Verwachsungsstelle bei v sind die Langelemente vollständig horizontal orientiert. Das Ganze ist eine stärkere Vergrößerung der Stelle a auf Tafel II. Abb. 4.

Tafel II, Abb. 4. Querschnitt durch die Pfropfstelle einer 5 Monate alten Ampelopsispfropfung. E = das Reis, U = die Unterlage, bei v die Verwachsungsstellen. Die Stelle a ist auf Abb. 3 in stärkerer Vergrößerung wiedergegeben.

Tafel II, Abb. 5. Querschnitt durch die Pfropfstelle einer 9 Monate alten Ampelopsispfropfung. Bei v die Verwachsungsstellen. Der Holzkörper wächst auf der der Pfropfstelle gegenüberliegenden Seite nicht mehr in die Dicke.

Tafel III, Abb. 6. Längsschnitt durch eine 5 Monate alte Ampelopsispfropfung. Bei v die Verwachsungsstelle: unterhalb die Unterlage, oberhalb das Reis. An der Verwachsungsstelle sind die Elemente horizontal orientiert.

Tafel III, Abb. 7. Radialer Längsschnitt durch die Verwachsungsregion einer Rebenveredelung. Die Tracheen sind infolge der an dieser Stelle stets erfolgenden Ablenkung aus ihrem normalen Verlauf quer getroffen.

Tafel III, Abb. 8. Tangentialer Längsschnitt durch eine Apfelkopulation. S-förmige Krümmung der Gefäß- und Faserstränge in der Verwachsungsregion.

Tafel IV, Abb. 9. Querschnitt durch eine Rebenveredelung (Verwachsungsregion). Auffallend sind die engen Tracheen des im Veredelungsjahre entstandenen Holzes.

Tafel IV, Abb. 10. 2½ Monate alte, vorzüglich verwachsene Apfelkopulation quer durchschnitten. Bei v die Verwachsungsstellen.

Tafel V, Abb. 11. Querschnitt durch eine Crataegus-Okulation. E = das Edelauge, U = die Unterlage. Bei v die Verwachsungsstellen. Sp = der mit den Rindenlappen abgehobene Splint der Unterlage. Die mit a bezeichnete Stelle ist auf Abb. 12 in stärkerer Vergrößerung wiedergegeben.

Tafel V, Abb. 12. Querschnitt durch eine Crataegus-Okulation. Stärkere Vergrößerung der Stelle a auf Abb. 11. H = Holz der Unterlage; Sp = mit den Rindenlappen abgehobener Splint der Unterlage. Dazwischen das von beiden Seiten her gebildete holzparenchymatische Kittgewebe.

Tafel VI, Abb. 13—17. Holzbildung im Markkallus von Johannisbeer-Kopulationen. Abb. 13 = beginnende Masernbildung. Abb. 14 = Verschmelzung der Masern. Abb. 15 = zu zwei maserigen Holzleisten verschmolzene Masern. Abb. 16 = Querschnitt durch die Verwachsungsstelle vor der Masernbildung. Abb. 17 = Querschnitt durch die Verwachsungsstelle nach Verschmelzung der Masern. (v die Verwachsungsstelle, U = die Unterlage, R = das Reis, und zwischen beiden letzteren die mit der Verwachsungsfläche parallel laufenden Holzleisten.)

Tafel VII, Abb. 18—19. Masern im Markkallus der Johannisbeer-Kopulationen. in Abb. 18 längs-, Abb. 19 querdurchschnitten.

Abb. 1.

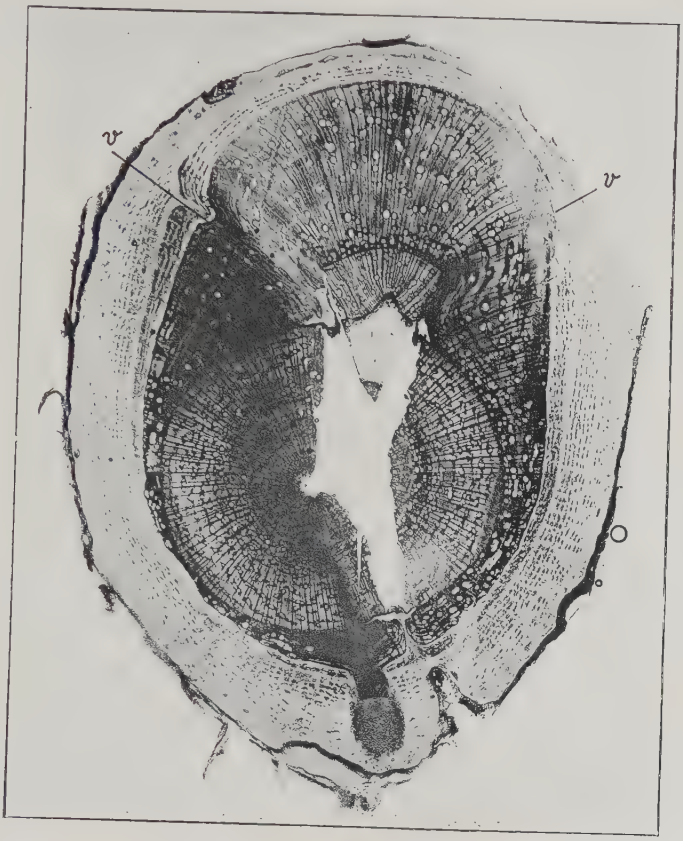
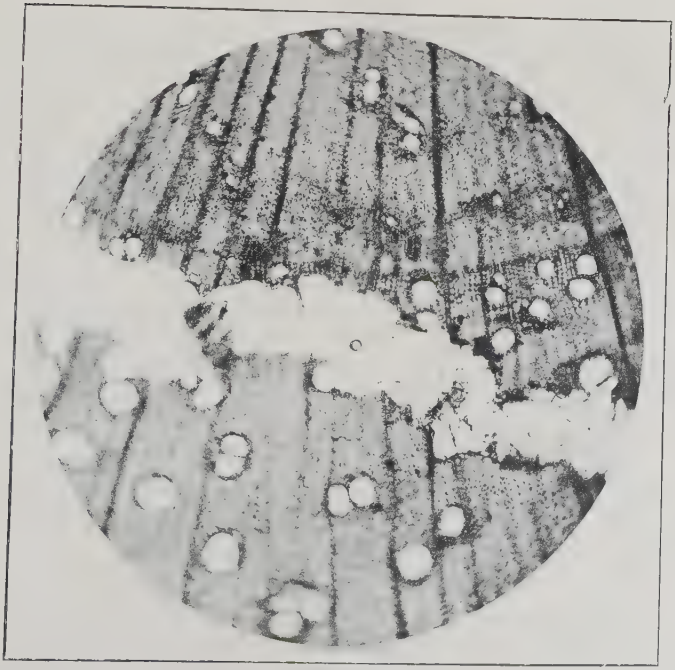


Abb. 2.



F. Schmitthenner phot.

Abb. 3.

Abb. 4.

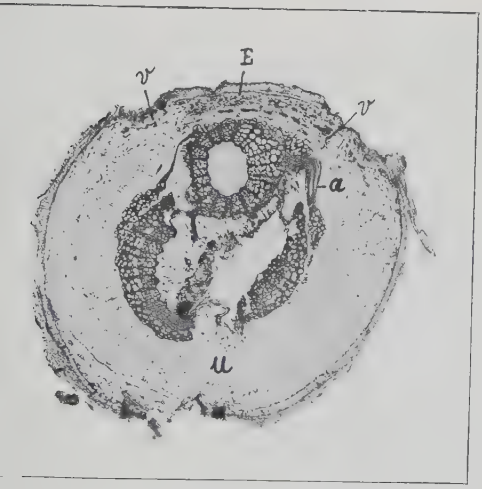


Abb. 5.

F. Schmitthenner phot.

bb. 6.

Abb. 7.

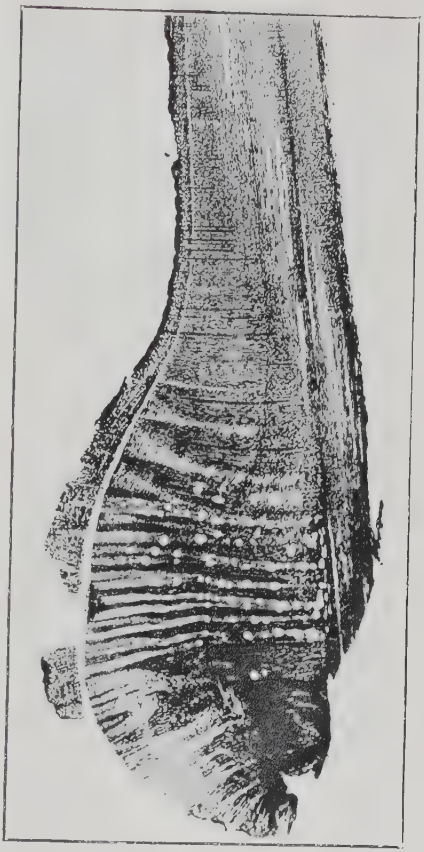
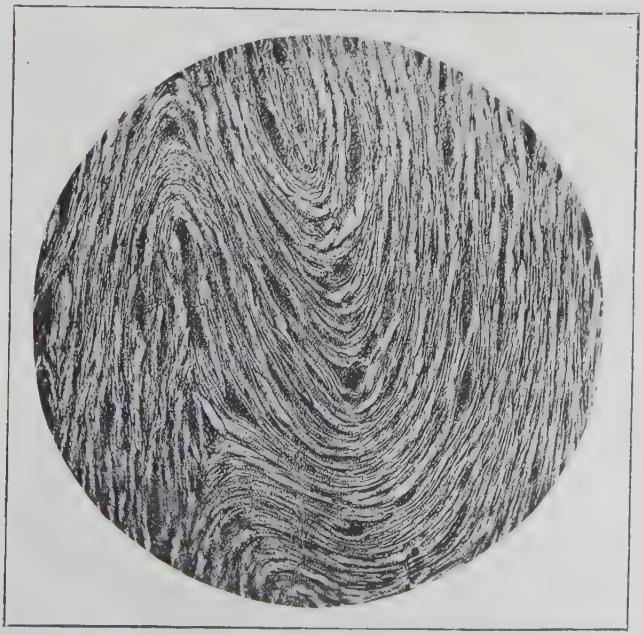


Abb. 8.



F. Schmitthenner phot.

Abb. 9.

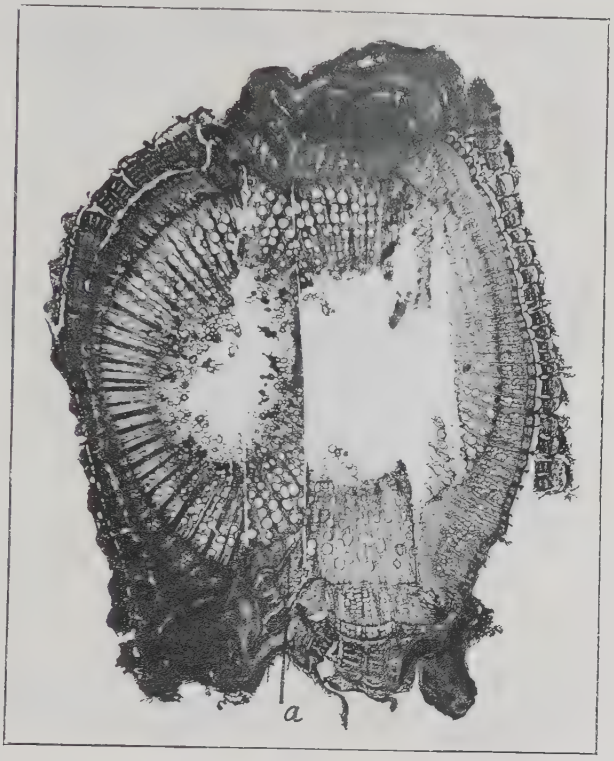
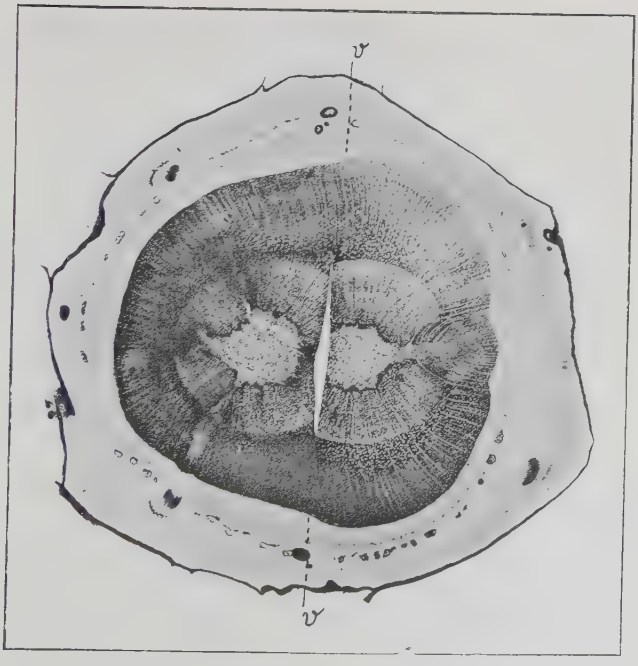


Abb. 10.



F. Schmitthenner phot.

Abb. 11.

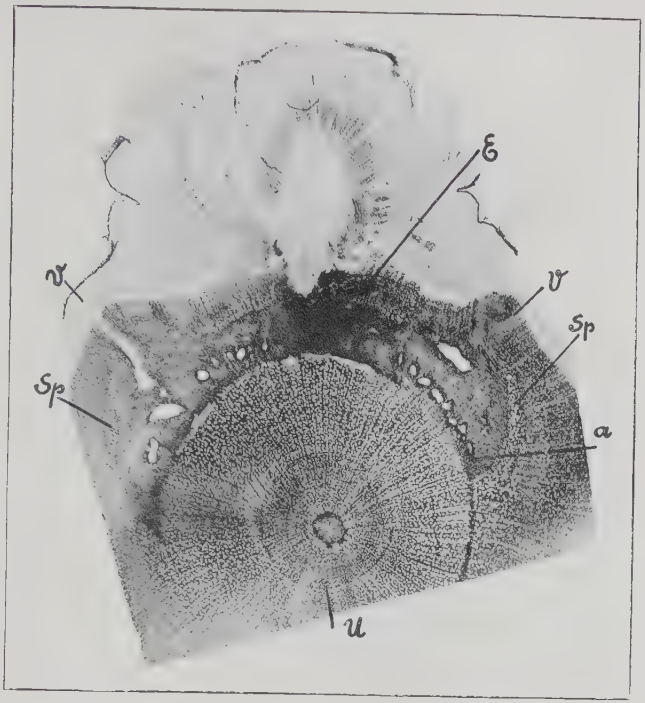
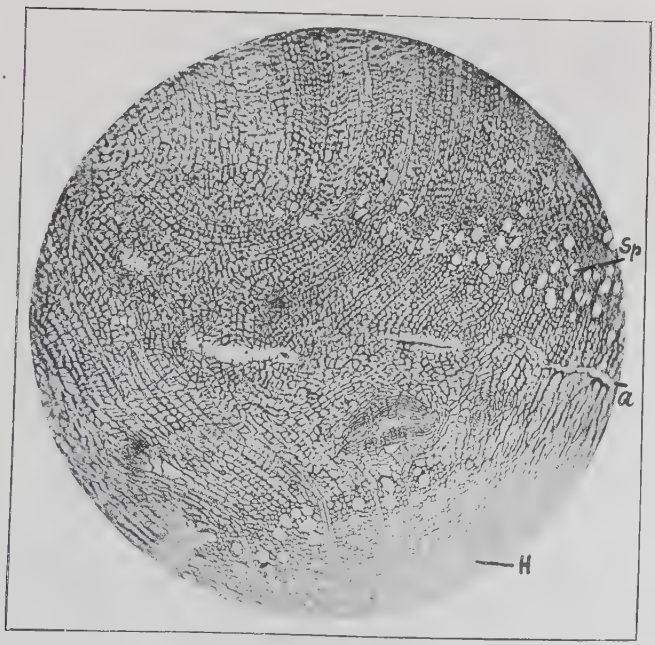


Abb. 12.



F. Schmitthenner phot.

Abb. 13.

Abb. 14.

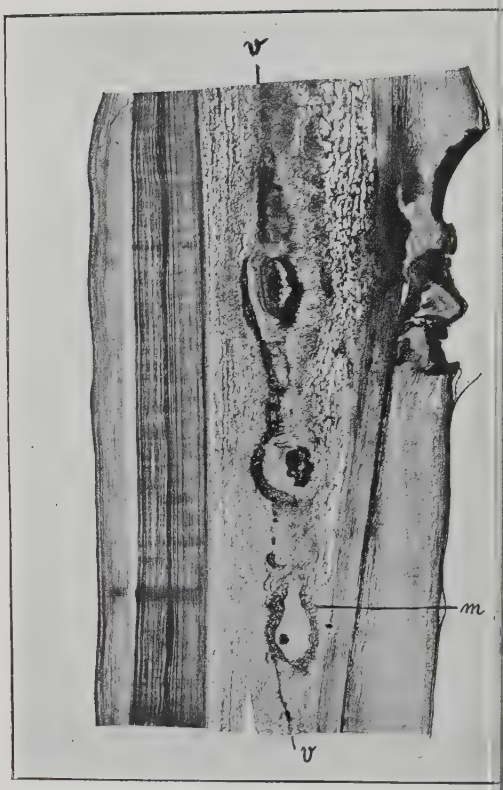
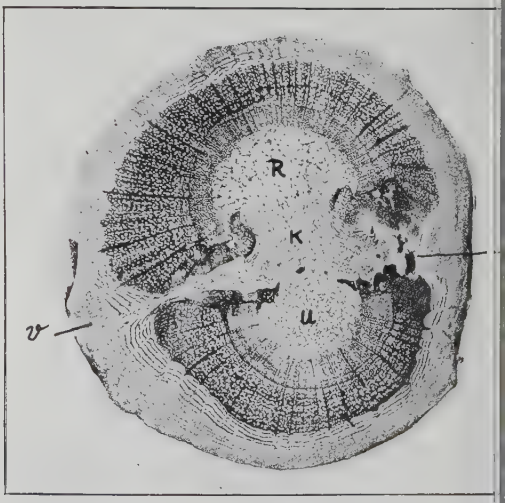


Abb. 16.



F. Schmitthenner phot.

Abb. 15.

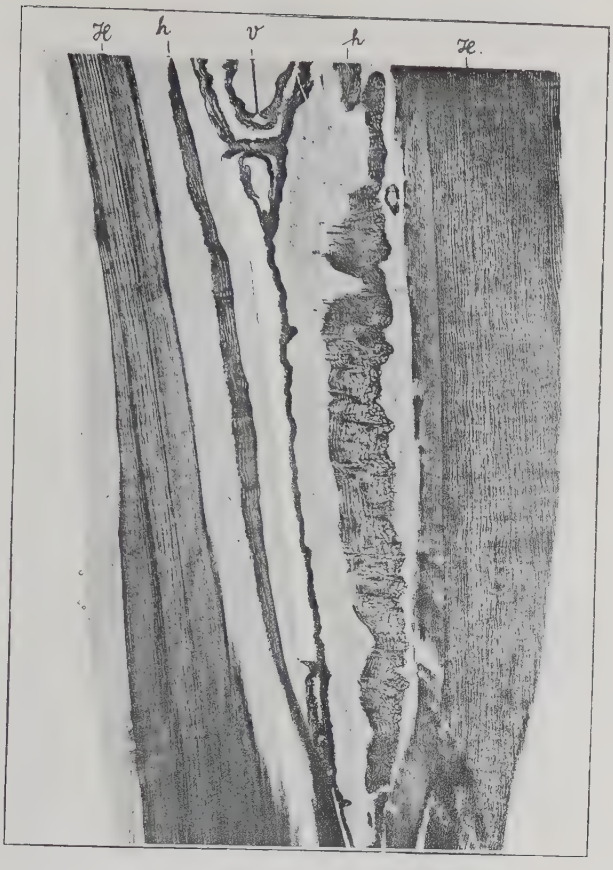


Abb. 17.

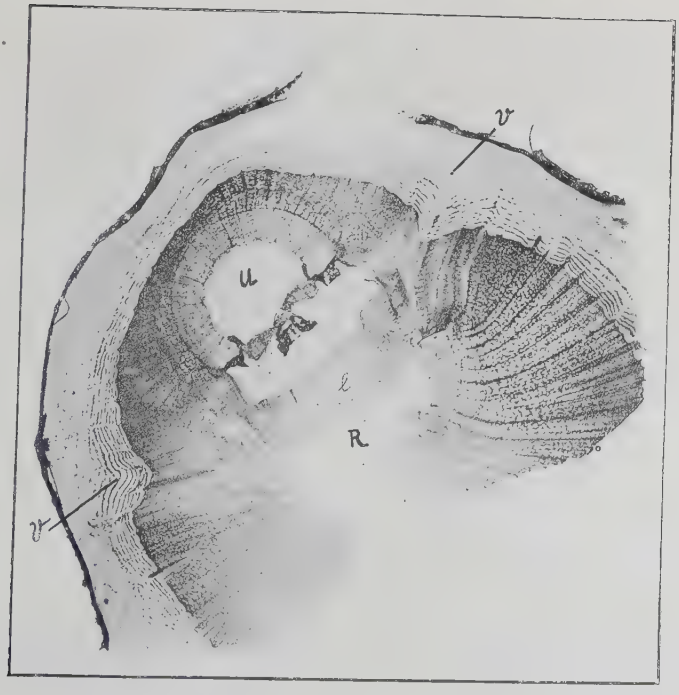


Abb. 18.

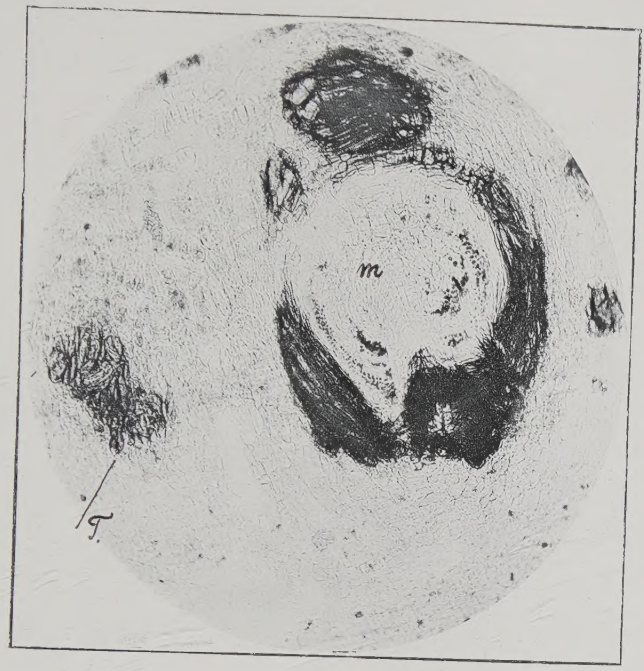
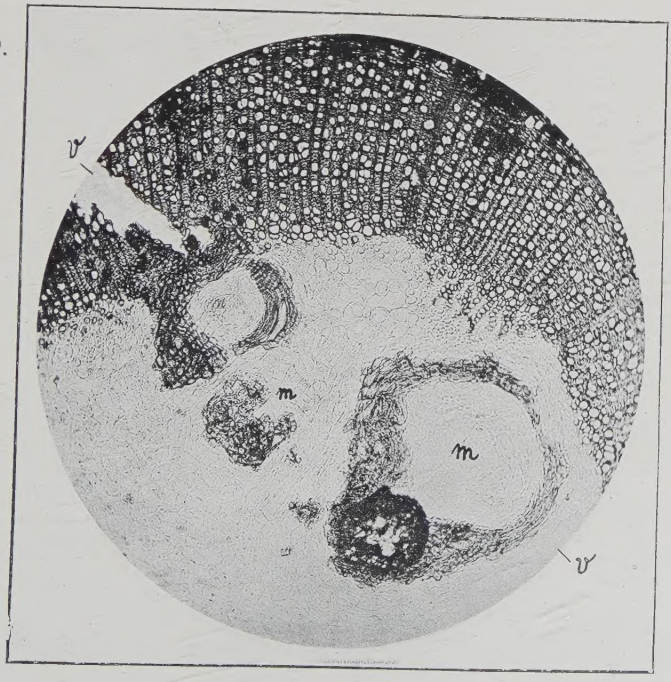


Abb. 19.



F. Schmitthenner phot.